

49
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"CARACTERIZACION QUIMICA DE SUELOS
PARA CULTIVO DE MAIZ"

Trabajo Monográfico de Actualización

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Q U I M I C O

P R E S E N T A :

FRANCISCO DOMITILLO SORIANO SORIANO

México, D. F.

1992

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

" I N D I C E "

| | Pag. |
|---|------|
| INTRODUCCION. ----- | 1 |
| CAPITULO I: <u>GENERALIDADES DE SUELOS.</u> | |
| 1) DEFINICION. ----- | 3 |
| 2) FORMACION. ----- | 3 |
| 2.1) Material original. ----- | 4 |
| 2.1.1) Residuales ----- | 4 |
| 2.1.2) Transportados ----- | 4 |
| 2.1.3) Acumulados ----- | 5 |
| 2.2) Clima ----- | 5 |
| 2.2.1) Precipitación ----- | 5 |
| 2.2.2) Temperatura ----- | 6 |
| 2.3) Organismos ----- | 6 |
| 2.3.1) Plantas superiores ----- | 6 |
| 2.3.2) Vertebrados ----- | 7 |
| 2.3.3) Microorganismos ----- | 7 |
| 2.3.4) Mesofauna ----- | 7 |
| 2.4) Topografía ----- | 8 |
| 2.5) Tiempo ----- | 8 |
| 3) PROCESOS DE INTemperizACION. ----- | 9 |

| | |
|---|----|
| 3.1) Intemperismo físico ----- | 9 |
| 3.1.1) Influencia de la temperatura -- | 9 |
| 3.1.2) El agua ----- | 9 |
| 3.1.3) El hielo ----- | 10 |
| 3.1.4) El viento ----- | 10 |
| 3.1.5) Acción de las plantas, los ani- males y el hombre ----- | 10 |
| 3.2) Intemperismo químico ----- | 10 |
| 3.2.1) Hidrólisis ----- | 10 |
| 3.2.2) Hidratación ----- | 11 |
| 3.2.3) Oxidación ----- | 11 |
| 3.2.4) Reducción ----- | 11 |
| 3.2.5) Carbonatación ----- | 12 |
| 3.2.6) Disolución ----- | 12 |
| 4) PERFIL DEL SUELO. ----- | 12 |
| 4.1) Horizonte A (suelo) ----- | 13 |
| 4.2) Horizontes B y C (subsuelo) ----- | 13 |
| 4.3) Horizonte D (roca madre) ----- | 13 |
| 5) COMPONENTES DEL SUELO. ----- | 14 |
| 5.1) Material mineral ----- | 16 |
| 5.2) Material orgánico ----- | 16 |

| | |
|----------------------------|----|
| 5.3) El aire del suelo | 16 |
| 5.4) Fase líquida | 17 |
| 6) PROPIEDADES FISICAS. | 17 |
| 6.1) Textura | 17 |
| 6.1.1) Clases texturales | 18 |
| 6.2) Estructura | 20 |
| 6.3) Color | 21 |
| 6.3.1) Neteado | 22 |
| 6.3.2) Manchado | 22 |
| 6.3.3) Veteado | 22 |
| 6.3.4) Matisado | 22 |
| 7) PROPIEDADES COLOIDALES. | 22 |
| 7.1) Coloides inorgánicos | 22 |
| 7.1.1) Caolinitas | 24 |
| 7.1.2) Montmorillonitas | 25 |
| 7.1.3) Illitas | 25 |
| 7.2) Coloides orgánicos | 25 |
| 8) PROPIEDADES QUIMICAS. | 26 |
| 8.1) Solución circulante | 26 |
| 8.2) Intercambio catiónico | 27 |
| 8.3) Intercambio aniónico | 29 |

| | |
|--|----|
| 8.4) Reacción del suelo (pH) ----- | 30 |
| 8.4.1) Definición de pH ----- | 30 |
| 8.4.2) Importancia del pH ----- | 31 |
| 8.5) Contenido en elementos nutritivos -- | 32 |
| 8.5.1) Función de los macrominerales - esenciales ----- | 33 |
| 8.5.2) Función de los micronutrientes - | 35 |
| 8.6) Acción compensadora ----- | 37 |

CAPITULO II: CARACTERISTICAS DE LA PLANTA.

| | |
|--------------------------------|----|
| 1) ORIGEN E IMPORTANCIA. ----- | 39 |
| 2) DESCRIPCION BOTANICA. ----- | 39 |
| 2.1) Sistema radicular ----- | 39 |
| 2.2) Tallo ----- | 40 |
| 2.3) Hojas ----- | 42 |
| 2.4) Flores ----- | 44 |
| 2.4.1) Flores masculinas ----- | 44 |
| 2.4.2) Flores femeninas ----- | 44 |
| 3) EL GRANO DE MAIZ. ----- | 46 |
| 3.1) Pericarpio ----- | 47 |
| 3.2) Endosperma ----- | 47 |
| 3.3) Escutelo ----- | 47 |

| | | |
|--|-------|----|
| 3.4) Plúmula | ----- | 47 |
| 3.5) Radícula | ----- | 48 |
| 3.6) Casquete | ----- | 48 |
| 4) VARIEDADES. | ----- | 48 |
| 5) CONDICIONES CLIMATICAS Y EDAFICAS. | --- | 52 |
| 5.1) Clima | ----- | 53 |
| 5.1.1) Temperatura | ----- | 53 |
| 5.1.2) Humedad | ----- | 54 |
| 5.1.3) Fotoperiodo | ----- | 54 |
| 5.1.4) Altitud | ----- | 55 |
| 5.1.5) Latitud | ----- | 55 |
| 5.1.6) Granizo | ----- | 56 |
| 5.1.7) Heladas | ----- | 56 |
| 5.2) Suelos | ----- | 57 |
| 5.2.1) Terrenos buenos para el cultivo | - | 57 |
| 5.2.2) Terrenos malos para el cultivo | -- | 58 |
| 6) FERTILIZACION. | ----- | 58 |

CAPITULO III: MARCOS DE REFERENCIA.

CAPITULO IV: MÉTODOS ANALÍTICOS.

| | | |
|------------------------------------|-------|----|
| 1) TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS. | ----- | 63 |
| 1.1) Material y equipo | ----- | 64 |

| | |
|---|----|
| 1.2) Técnica operatoria ----- | 65 |
| 1.2.1) Croquis del terreno ----- | 65 |
| 1.2.2) División ----- | 65 |
| 1.2.3) Sitios de muestreo ----- | 66 |
| 1.2.4) Disposición de los submuestras -- | 66 |
| 1.2.5) Muestra compuesta ----- | 66 |
| 1.2.6) Cuestionario ----- | 67 |
| 1.3) Procesamiento ----- | 68 |
| 1.3.1) Secado ----- | 68 |
| 1.3.2) Molienda ----- | 68 |
| 1.3.3) Tamizado ----- | 68 |
| 1.3.4) Almacenamiento ----- | 68 |
| 2) TEXTURA. ----- | 69 |
| 2.1) Material y equipo ----- | 70 |
| 2.2) Reactivos ----- | 70 |
| 2.3) Técnica operatoria ----- | 71 |
| 2.3.1) Preparación de la muestra ----- | 71 |
| 2.3.2) Destrucción de la materia orgánica | 71 |
| 2.3.3) Dispersión de las partículas -- del suelo ----- | 72 |
| 2.4) Cálculos ----- | 72 |

| | |
|---|----|
| 3) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. ----- | 74 |
| 3.1) Material y equipo ----- | 74 |
| 3.2) Reactivos ----- | 75 |
| 3.3) Técnica operatoria ----- | 75 |
| 3.3.1) Preparación del extracto ----- | 76 |
| 3.3.2) Medición de la conductividad ----- | 76 |
| 3.4) Cálculos ----- | 77 |
| 4) DETERMINACION POTENCIOMETRO DE pH ----- | 78 |
| 4.1) Material y equipo ----- | 79 |
| 4.2) Reactivos ----- | 79 |
| 4.3) Técnica operatoria ----- | 80 |
| 4.3.1) Ajuste del potenciómetro ----- | 80 |
| 4.3.2) Determinación del pH en agua -- (relación 1:2) ----- | 81 |
| 4.4) Cálculos ----- | 81 |
| 5) CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO ----- | 82 |
| 5.1) Material y equipo ----- | 82 |
| 5.2) Reactivos ----- | 83 |
| 5.3) Técnica operatoria ----- | 84 |
| 5.3.1) Desplazamiento del total de los - cationes adsorbidos ----- | 84 |
| 5.3.2) Lavado del exceso de catión ----- | |

| | |
|---|----|
| desplazante ----- | 85 |
| 5.3.3) Desplazamiento del catión específico ----- | 85 |
| 5.3.4) Valoración del catión (NH_4^+) ----- | 85 |
| 6) DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA ----- | 87 |
| 6.1) Material y equipo ----- | 87 |
| 6.2) Reactivos ----- | 88 |
| 6.3) Técnica operatoria ----- | 89 |
| 6.3.1) Oxidación de la materia orgánica - | 89 |
| 6.3.2) Valoración del exceso de dicromato de potasio ----- | 90 |
| 6.4) Cálculos ----- | 90 |
| 7) DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL ----- | |
| INCLUYENDO NITRATOS ----- | 92 |
| 7.1) Material y equipo ----- | 92 |
| 7.2) Reactivos ----- | 93 |
| 7.3) Técnica operatoria ----- | 94 |
| 7.3.1) Oxidación y digestión ----- | 94 |
| 7.3.2) Destilación ----- | 94 |
| 7.3.3) Titulación ----- | 95 |
| 7.4) Cálculos ----- | 96 |
| 8) DETERMINACION DE FOSFORO APROVECHABLE -- | 97 |
| 8.1) Material y equipo ----- | 97 |

| | |
|--|-----|
| 8.2) Reactivos ----- | 98 |
| 8.3) Técnica operatoria ----- | 99 |
| 8.3.1) Extracción ----- | 99 |
| 8.3.2) Desarrollo de color ----- | 99 |
| 9) DETERMINACION DE POTASIO Y SODIO ----- | |
| INTERCAMBIABLES ----- | 101 |
| 9.1) Material y equipo ----- | 102 |
| 9.2) Reactivos ----- | 102 |
| 9.3) Técnica operatoria ----- | 103 |
| 9.3.1) Extracción ----- | 103 |
| 9.3.2) Determinación ----- | 103 |
| 9.4) Cálculos ----- | 105 |
| 10) CALCIO Y MAGNESIO ----- | 106 |
| 10.1) Material y equipo ----- | 107 |
| 10.2) Reactivos ----- | 107 |
| 10.3) Técnica operatoria ----- | 108 |
| 10.3.1) Determinación de calcio ----- | 108 |
| 10.3.2) Determinación simultanea de Calcio y Magnesio ----- | 109 |
| 10.4) Cálculos ----- | 109 |

CAPITULO V: CONCLUSIONES.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA.

" INTRODUCCION "

La Agricultura es Fundamental para la vida, la economía - y la organización política y social del país. De ella pro--- vienen los alimentos del pueblo. La materia prima para muy - diversas industrias, el empleo para gran parte de la pobla--- ción, es fuente de importantes divisas y su derrama económi- ca es y ha sido poderoso instrumento de desarrollo a la na- ción.

A pesar de las bondades mencionadas y no obstante que los volúmenes de producción han aumentado, estos no han sido a-- cordes con el crecimiento desproporcionado de una población que exige mayores y mejores satisfactores, y que se encuen- tra cada vez más con un alto deterioro, tanto en cantidad - como en calidad de alimentos.

México enfrenta actualmente uno de sus más grandes retos: es necesario recuperar la potencialidad y capacidad agríco-- las, y ante el problema alimentario responder eficazmente; - nuestro país deberá evitar la importación de alimentos y so- bre todo de aquellos considerados como básicos, entre ellos el maíz, pues su cultivo es de especial importancia, ya que constituye la base alimentaria de nuestro pueblo.

El maíz se siembra en cualquier parte del territorio na- cional, lo mismo en los climas calidos que en los frios, -- desde el nivel del mar hasta una altura cercana a los 3000 - m. Se siembra en terrenos planos y aún en los más accidenta- dos, en suelos fértiles como también en los más áridos. En donde quiera que se disponga de tierra, se verán plantas de

este cereal.

En cualquier esquema de desarrollo agrario, es de vital importancia, conocer las características químicas del suelo, ya que estas nos indican entre otras el nivel de fertilidad, o sea la cantidad de nutrientes, que estan en forma asimilable y que la planta puede disponer de ellos cuando así lo requiera.

Como nutrientes, en el más amplio sentido de la palabra - deberá entenderse aquellas sustancias que, una vez asimiladas por la planta estimulan su desarrollo, en cualquiera de sus fases de crecimiento, desde la germinación hasta la completa madurez, obteniendose por consiguiente un aumento en la producción tanto cualitativo como cuantitativo.

La presente revisión bibliográfica, es una compilación de las técnicas analíticas para cuantificar las características químicas macronutricionales de mayor influencia en los suelos para cultivo de maíz: Textura, Conductividad eléctrica, pH, Capacidad de intercambio catiónico, Materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg; y se ha preparado para que sea utilizada por los técnicos y científicos dedicados a la materia en cuestión, tomando en cuenta que estos métodos, ya han sido comprobados en otras partes del mundo.

" I.- GENERALIDADES DE SUELOS "

1) DEFINICION: El suelo es la capa superior de la corteza terrestre, producida por la disgregación de las rocas o por descomposición de restos orgánicos, que es apropiada física y químicamente para ser el lugar de existencia de las plantas, y que se encuentra en continua transformación (39,42, - 16).

2) FORMACION: La ciencia del suelo (Edafología), establece que los suelos, son el resultado de interactuar cinco factores básicos: Material original (madre o parental), clima, organismos (Biosfera), topografía y tiempo (Figura No. 1) - (39,42,16).

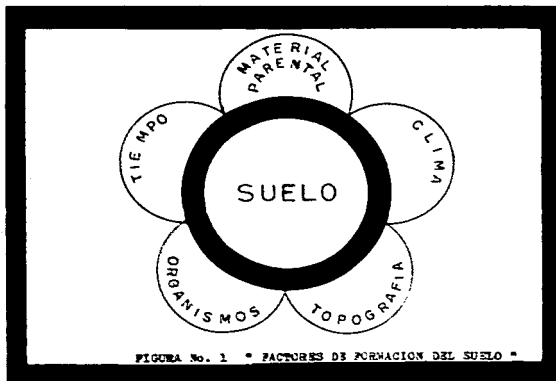


FIGURA No. 1 * FACTORES DE FORMACION DEL SUELO *

A continuación se describen las características de mayor importancia para cada uno de los diferentes factores.

2.1) Material original (madre o parental): Es el material de donde se origina el suelo y puede ser de naturaleza mineral u orgánica, estos se clasifican en residuales, transportados y acumulados (12,40,42,16).

2.1.1) Residuales: Son rocas localizadas en algún punto de la superficie terrestre, y que al paso del tiempo han desarrollado un suelo. Las rocas son por lo general una mezcla de minerales. Los minerales son sustancias que se presentan en la naturaleza con propiedades físicas y químicas bien definidas; como ejemplos de ellos tenemos:

SiO_2 -- Cuarzo KAlSi_3O_8 -- Feldespato (Ortoclase o micro---
lina)

$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ -- Mica(Biotita) CaCO_3 --- Calcita

Las rocas, se clasifican según su origen y estructura en igneas, sedimentarias y metamórficas. Las rocas igneas se forman mediante la solidificación del magma fundido que proviene del interior de la tierra. Sedimentarias, se forman de fragmentos minerales u orgánicos depositados por agua, hielo o aire y finalmente acumulados sobre la superficie terrestre. Metamórficas, son rocas igneas o sedimentarias que han sido transformadas por acción del calor, la presión, líquidos y gases químicamente activos bajo la superficie.

2.1.2) Transportados: Son fragmentos de rocas y minerales que han sido movidos de un lugar a otro por el agua, el ---

viento, el hielo, la gravedad o cualquier combinación de estos cuatro. El siguiente cuadro, describe las características de estos materiales.

Por el agua (Depósitos aluviales): Llanura -- inundada, Terrazas, Lacustres, Marinos.

Por el viento (Depósitos eólicos): Lomas (Lugamos).

Por el hielo: Morenas (Residuos acumulados -- por glaciares), Planos laborales.

Por gravedad: Coluvial.

2.1.3) Acumulados: Residuos de plantas, que por siglos, - se han preservado en lagos poco profundos (turbas o acumulaciones húmferas).

2.2) Clima: En toda la superficie terrestre, el clima es - el factor dominante en la formación del suelo. Cualquier -- configuración de este, es el resultado de la acción tanto - directa como indirecta de las fuerzas climáticas. La influencia del clima, es en gran parte a través de la precipitación y la temperatura (32,33,99,101,16,40,67).

2.2.1) Precipitación: Regula fundamentalmente la cantidad de humedad y aire del suelo, asimismo, determina las tendencias predominantes en la configuración del suelo, de acuerdo con las aguas de filtración disponibles. También la lluvia - afecta el desarrollo de la configuración a través de la erosión, produciendo suelos delgados en declives pronunciados y depositando el material en la parte baja de la colina. La --

naturaleza, intensidad, frecuencia y distribución de la precipitación, influyen en el curso de la formación del suelo. En general, a mayor humedad, aumenta el contenido de nitrógeno y carbono, arcillas, conglomerados, la capacidad de saturación y el hidrógeno disponible e intercambiable.

2.2.2) Temperatura: Afecta directamente la velocidad con que se desarrollan las reacciones químicas; la cuál se duplica más o menos a cada 10°C de aumento en la temperatura. Influye en la descomposición de la materia orgánica y en la actividad microbiana del suelo. A través de los fenómenos de evaporación y transpiración, la temperatura también determina la eficacia de la precipitación. Generalmente, cuando se incrementa la temperatura, aumenta la intemperización y por ende el contenido de arcillas. Por el contrario, las proporciones de nitrógeno y materia orgánica, tienden a disminuir con la elevación de la temperatura.

2.3) Organismos: Practicamente todos los organismos que habitan en la superficie terrestre o en el interior de ella, afectan el desarrollo de los suelos, de una u otra forma. Los organismos pueden agruparse de la forma siguiente: (16, 15, 32).

2.3.1) Plantas superiores: Influyen en el suelo de muchas maneras. Al extender sus raíces en la tierra, la aprisionan evitando la erosión, siendo los pastos, especialmente efectivos para ello. Algunas veces, cuando las raíces de las plantas penetran en las grietas de las rocas, llegan a fragmentarlas. Las plantas extraen agua y nutrientes de la masa

del suelo y bajo condiciones normales, la mayoría de los nutrientes regresan a la superficie del suelo en forma de materia orgánica, que al descomponerse libera los nutrientes, haciéndolos disponibles a la adsorción.

2.3.2) Vertebrados: Algunos mamíferos tales como los conejos y topes, caván profundamente, con lo que ocasionan una mezcla del suelo, también frecuentemente acarrear material del subsuelo a la superficie. El pastoreo excesivo puede llegar a destruir la vegetación y dejar el suelo expuesto a la erosión.

El hombre a través de sus actividades de uso del terreno, produce tanto efectos benéficos como perjudiciales. Convirtiendo las zonas de vegetación natural en tierras agrícolas, y a menos que las utilice racional y adecuadamente, tenderá a provocar que se erosionen.

2.3.3) Microorganismos: Los que predominan son las bacterias, actinomicetos, algas y hongos. Las bacterias son los organismos más pequeños y abundantes que habitan en el suelo, con un peso de 1000 a 6000 Kg/ha en los primeros 15 cm de profundidad. La distribución de los microorganismos, está determinada principalmente por el abastecimiento de alimentos, por lo que habitan en mayor cantidad, en el horizonte superficial, el cuál es una masa con gran actividad biológica.

2.3.4) Mesofauna: En este grupo se incluye a las lombrices, nemátodos, ácaros, colembolos, miriapodos, algunos gasterópodos y ciertos insectos como las termitas. La dis---

tribución de la mesofauna, esta determinada casi totalmente por la disponibilidad de alimentos. La mesofauna ingiere y descompone la materia orgánica. Las lombrices, termitas, milpies, etc., se alimentan tanto de sustancias minerales como orgánicas, por lo que sus desechos fecales, son una mezcla homogénea de estas dos sustancias. También transportan material de un lugar a otro y forman túneles que mejoran el drenaje y la aereación.

2.4) Topografía: Lo regular o irregular del terreno puede adelantar o retrasar el trabajo de las fuerzas climáticas. Así en una determinada región, la velocidad con que el exceso de agua es eliminado, es mucho mayor que si el terreno no fuese inclinado; cuando la formación topográfica es inclinada, se favorece la erosión natural de las capas superiores, si la erosión es continua y amplia, esta puede eliminar la posibilidad de formar un suelo profundo. Por otra parte, si el agua permanece estancada durante periodos largos, las influencias climáticas resultan relativamente carentes de sentido en la formación y desarrollo del suelo (73, 16, 99, 12, 101).

2.5) Tiempo: Los periodos de tiempo, en los que los materiales han sido sometidos a las fuerzas de meteorización, tienen un gran significado en la formación del suelo, ya que para su desarrollo, se requirió de miles y hasta millones de años. No todos los suelos se han formado durante el mismo periodo, pero la mayoría de ellos se iniciaron en diferentes épocas en los últimos 100 millones de años (16, 32, 99, 40, 101).

Algunos horizontes lo han hecho antes que otros, pero especialmente los superficiales, los cuales pueden formarse en cuestión de décadas como depósitos no consolidados. Los horizontes que requieren de una meteorización más intensa sobre la roca, pueden tardar más de un millón de años para su formación.

3) PROCESOS DE INTEMPERIZACION: Los cambios físicos y químicos producidos en las rocas y minerales (Materiales originario), por agentes atmosféricos, las plantas y el hombre; es lo que se denomina intemperización. Los cambios físicos son debidos a las fuerzas de desintegración y los cambios químicos son causados por los procesos de descomposición (53,73,-40,16,99).

3.1) Intemperismo físico (desintegración): Ocurre cuando se reduce una roca a fragmentos más pequeños, sin que se produzca algún cambio en su composición química (99,73,40, -63,42,16).

3.1.1) Influencia de la temperatura: Los cambios drásticos de temperatura, influyen decisivamente en la desintegración de las rocas, las cuales estan formadas de minerales diversos, que difieren en sus coeficientes de dilatación. Con cada variación de temperatura, se manifiestan tensiones diferenciales que provocan rupturas y grietas.

3.1.2) El agua: La acción de golpear, que presenta la lluvia sobre la tierra, y la del agua que fluye hacia el oceano, tienen un gran poder erosivo sobre las rocas, a las que desgastan en forma constante.

3.1.3) El hielo: Presenta una gran capacidad erosiva y de transporte, después del agua, es quizá el más importante y - espectacular agente físico de meteorización.

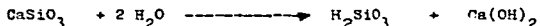
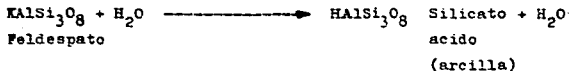
3.1.4) El viento: Ha sido siempre un importante factor de transporte, y cuando está cargado con pequeñas partículas, - ejerce una gran fuerza abrasiva.

3.1.5) Acción de las plantas, los animales y el hombre : Las raíces de las plantas, crecen entre las rocas partiendolas. Los animales constantemente alteran las rocas suaves. - El hombre al arar y cultivar su tierra, desarrolla una acción que resulta en fragmentar muy finamente las rocas y minerales.

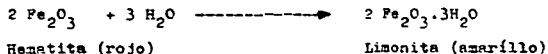
3.2) Intemperismo químico (descomposición): Produce cambios en la naturaleza y composición de las rocas y minerales. Para una mejor comprensión de estos procesos, a continuación, los describiremos por separados, aunque en realidad, usualmente se presentan simultáneamente (16,7,53,12,32,99).

3.2.1) Hidrólisis: Es quizá el proceso químico de mayor - importancia, ya que participa en la transformación de los - minerales y en la formación del suelo. Actúa en la sustitución de los cationes Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} , etc., existentes en la estructura de los silicatos primarios, por iones hidrógeno - presentes en la solución del suelo; lo anterior conduce en - ocasiones a una descomposición completa de los minerales, - los productos de la hidrólisis como el calcio, se encuentran disponibles para ser absorbidos por las plantas o removidos por el agua que fluye o precipitan. En cierta forma, la hi-

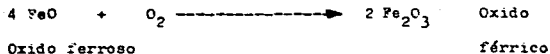
drólisis puede considerarse como la precursora de las arcillas.



3.2.2) Hidratación: Es la combinación de moléculas de agua con un mineral en particular. La hidratación va acompañada siempre por un aumento de volumen. Por lo común los minerales hidratados, se vuelven blandos y fáciles de disgregar. El aflojamiento de algunas rocas, se debe principalmente a la hidratación de sus componentes minerales.



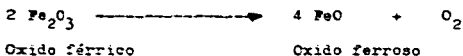
3.2.3) Oxidación: Es una reacción química importante, se produce en las rocas bien aireadas, y los materiales del suelo, en los que el contenido de oxígeno es alto, y la demanda biológica de ese elemento es baja. La reacción específica y de mayor importancia es la del ión ferroso al pasar a férrico.



El cambio de tamaño y la carga de este mineral al convertirse a la forma férrica, hacen que la estructura se rompa.

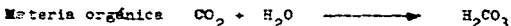
3.2.4) Reducción: Se produce cuando un suelo está saturado

do en agua o bajo el nivel freático, la existencia de oxígeno es baja y la demanda biológica de este elemento es alta. Por lo que, el hierro se reduce a su forma ferrosa.

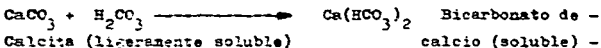


3.2.5) Carbonatación: El ácido carbónico (H_2CO_3), un ácido débil del dióxido de carbono (CO_2), solubiliza a los minerales al reaccionar con ellos.

Atmósfera



Lluvia



3.2.6) Disolución: El agua es el disolvente universal. Su acción es mucho mayor cuando contiene disueltos CO_2 , ácidos inorgánicos y orgánicos o sales. Los minerales solubles como la halita (NaCl), se disuelven con facilidad, provocando una pérdida continua de material, aunque la eliminación total — por disolución, en algunas ocasiones resulta insignificante.

4) PERFIL DEL SUELO: Como consecuencia de la interacción de los diferentes factores de formación y los procesos de imtemperización (desintegración y descomposición), descritos — con anterioridad, encontramos, que los suelos a su vez se conforman de varias capas sucesivas, denominadas también horizontes, una debajo de otra, que van desde la superficie — hasta la roca madre (material parental). Al conjunto de es—

tas capas, se le define como perfil del suelo (46,58,9,32, - 99,7,16,40).

Estas capas se pueden observar cuando realizamos un corte en sección, aunque en algunos casos, es difícil establecer sus límites, ya que dan la impresión de ser una sola. Esto se debe a que cada suelo presenta un perfil característico. Sin embargo, en la mayoría de los casos, pueden distinguirse tres capas horizontales principales (Figura No. 2).

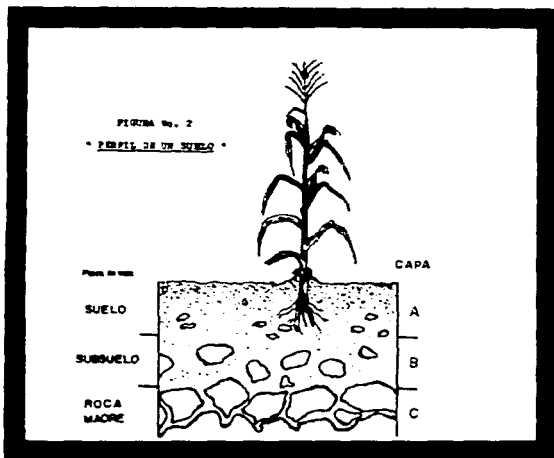
4.1) Horizonte A (suelo): Es la capa superior, en la que se localizan la mayoría de las raíces y suele llegar hasta donde normalmente penetra el arado. Se caracteriza por su gran actividad química y biológica. Su contenido en materia orgánica es alto.

4.2) Horizonte B (subsuelo): En él se encuentran las raíces más profundas de las plantas. Se caracteriza por presentar grandes concentraciones de partículas de diámetro muy pequeño (limo y arcilla); también, en esta capa se acumulan diferentes compuestos de fierro, aluminio y algunas veces calcio. Presenta un contenido muy bajo de materia orgánica.

4.3) Horizonte D (roca madre): Es la capa más profunda, la cual sirve de soporte, a las dos anteriores, está compuesta por el mismo material originario, suelto o consolidado, a partir del que se ha formado el suelo superficial. Se encuentra más o menos meteorizado, y sus capas superiores, se convierten gradualmente en parte del suelo propiamente dicho.

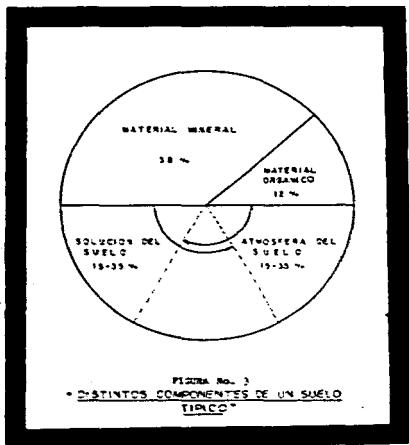
Quando la tierra está madura, su perfil no se modifica mucho, aun cuando la meteorización y los organismos terres-

tres estén en actividad constantes.



5) COMPONENTES DEL SUELO: En general, podemos decir que los suelos están compuestos por: Material mineral, material orgánica, solución del suelo y atmósfera del suelo. La distribución volumétrica de estos componentes en un suelo típico, se esquematizan (Figura No. 3) (16,53,46,9,11,112,99,101).

Las proporciones de estos componentes, presentan grandes fluctuaciones, de acuerdo con las diferentes clases de suelos, con el lugar y la profundidad, así como por el clima. - Estas cuatro fracciones se encuentran íntimamente mezcladas, de tal manera que el agua y el aire llenan los poros que hay entre las partículas sólidas.



5.1) Material mineral: Se deriva del material originario y se compone por partículas de diferentes diámetros (arena, limo y arcilla). Esta es la fuente principal de los nutrientes propios del suelo, tales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc., ya que el suministro potencial de estos elementos nutritivos, varía de acuerdo con el origen, la clase y el tamaño del material mineral.

5.2) Material orgánico: Es una porción activa e importante del suelo. Aunque la mayoría de los suelos cultivados, contienen solamente del 1 al 5% de materia orgánica en los primeros 25 cm de profundidad, esa pequeña cantidad es suficiente para modificar las propiedades físicas del terreno y afectar decisivamente sus propiedades químicas y biológicas. La materia orgánica, es responsable de una mejor estructura, aumenta la porosidad, mejora la relación agua-aire y reduce la erosión ocasionada por agua y viento. Químicamente, es la fuente que provee al suelo de casi todo el nitrógeno, del 5 al 60% de fósforo, hasta el 30% de azufre y de una gran parte de boro y molibdeno. La materia orgánica, está sujeta a cambios constantes, con el consecuente agotamiento, por lo que debe ser reemplazada continuamente para mantener la productividad del suelo (15,16,111,112,71).

5.3) El aire del suelo: Difiere del aire de la capa atmosférica por el contenido elevado de gas carbónico (CO_2) y poco oxígeno (O_2). En el suelo permanentemente tiene lugar el consumo de oxígeno y la liberación de dióxido de carbono, por la descomposición de las sustancias orgánicas, producida por los microorganismos, la respiración de las raíces, y --

y como resultado de algunas reacciones químicas (99,73,16).

5.4) Fase líquida (solución del suelo): Es el componente del suelo con mayor movilidad y gran actividad, en la que se realizan diversos procesos químicos y de la cual las plantas asimilan directamente las sustancias nutritivas. Según el tipo de suelo y otras condiciones; la solución del suelo contiene diversos cationes (H^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++}), entre los más representativos. Además ciertos aniones (HCO_3^- , OH^- , Cl^- , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, etc). También encontramos sustancias orgánicas hidrosolubles y gases disueltos (oxígeno, dióxido de carbono, amoníaco) (63,53,49,16,40,112).

6) PROPIEDADES FÍSICAS: Las propiedades agrícolas de los suelos, están relacionadas en gran parte a sus características físicas, las cuales tienen una influencia decisiva en el desarrollo de las plantas. El anclaje que proporciona a la planta, la penetración de las raíces, el drenaje, la aereación, la retención de la humedad y la disponibilidad de los nutrientes, dependen fundamentalmente de las condiciones físicas del terreno. Desde el punto de vista agronómico, las propiedades físicas de mayor importancia son: La textura, la estructura, y como una medida auxiliar indirecta el color (19,16,53,73).

6.1) Textura: Se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla contenidos en un suelo. Específicamente, la clasificación de la textura en un terreno determinado, se basa en la cantidad de partículas menores de 2 mm de diámetro. Si las partículas mayores de esta medida, se presentan

en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agrega un adjetivo como gravoso o pedregoso. Los grupos de los diversos tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), se denominan separados del suelo (105,16,32,12,40,42).

Antes de 1947, el separado arena muy gruesa, en el sistema internacional se llamó "grava fina", actualmente la grava fina incluye partículas entre 2 y 12.5 mm de diámetro y el limo el limo a aquellas partículas de 0.05 a 0.005 mm.

La clasificación de los separados del suelo, según sus distintas dimensiones, se define mediante los sistemas Americano e internacional (46,58,16,99,7).

| FRACCIONES | <u>Límite de los diámetros en mm</u> | |
|------------------|--------------------------------------|------------------|
| | C. Americana | C. Internacional |
| Arena muy gruesa | 2.0 -1.0 | |
| Arena gruesa | 1.0 -0.5 | 2.0 - 0.20 |
| Arena media | 0.5 -0.25 | |
| Arena fina | 0.25 -0.10 | 0.20 - 0.02 |
| Arena muy fina | 0.10 -0.05 | |
| Limo | 0.05 -0.02 | 0.02 - 0.002 |
| Arcilla | Menos de 0.02 | menos de 0.002 |

6.1.1) Clases texturales: Los nombres texturales, se fundamentan en las proporciones relativas de los separados del suelo (arena, limo y arcilla). Los suelos que se componen preponderantemente de arcilla, se denominan "arcillosos", - aquellos con alto contenido de limo son "limosos", y si ---

presentan una gran cantidad de arena, serán "arenosos". Un suelo que no presenta características dominantes de ninguno de los separados; se le denomina "franco" por ejemplo: (40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla). Cuando las cantidades relativas del separado menos dominante varía, esto cambiará la clase textural, y el nombre representará el cambio en composición, tales como "franco-arcilloso-limoso", "franco-arenoso" y "franco-arcilloso". Así pues, según las diversas proporciones, la textura del suelo, quedará definida de una u otra forma: dentro del diagrama triangular de texturas (Figura No. 4) (16,12,7,53).

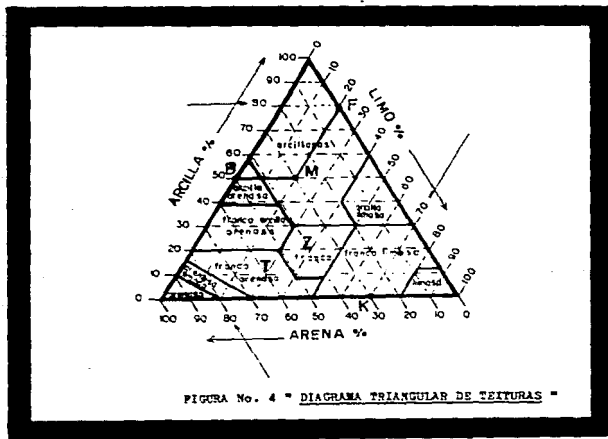
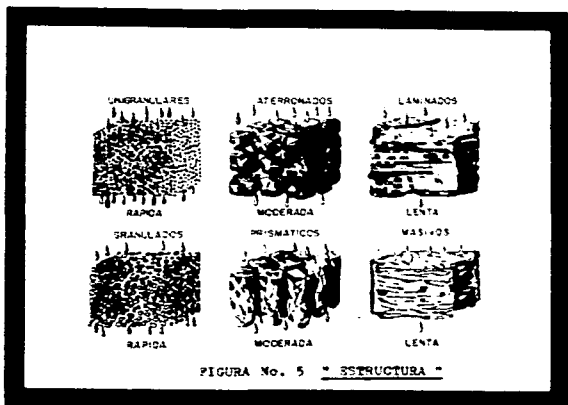


FIGURA No. 4 " DIAGRAMA TRIANGULAR DE TEXTURAS "

6.2) Estructura: Esta característica, es una consecuencia de la forma en que los separados del suelo (arena, limo y arcilla) tienden a unirse para formar agregados, también llamados "Peds". La estructura del suelo, influye en el grado en que el aire y el agua penetran y se mueven. Asimismo, afecta en cuanto a la penetración de la raíz y en la disponibilidad de los elementos nutritivos. La estructura se refiere a la clase de partículas agrupadas que predominan en el suelo, aunque en los diferentes tipos de estos, las clases de estructura difieren en los horizontes (16,7,12,19,73, 53).

Los suelos unigranulares y masivos no tienen estructura. En este tipo, tal como el de arena suelta, el agua se filtra rápidamente; en los masivos lentamente. Entre los cuatro tipos de estructura primaria que se ilustra (Figura No. 5), laminados, prismáticos, aterronados y granulados, los más favorables para la captación del agua son los prismáticos, aterronados y granulados. Los laminados impiden la penetración del agua (19,96,16,40,53).

A diferencia de la textura, la estructura superficial del suelo puede cambiarse. Los ciclos de humedad y de sequía, heladas y deshielos, mejoran la estructura en la capa del surco. Por otra parte, el cultivo de suelos de textura media o fina, cuando su contenido de humedad es alto, tiende a destruir la estructura de los mismos. El riego con agua que contenga grandes cantidades de sodio, tendrá un efecto negativo al dispersar los agregados existentes en el terreno agrícola.



6.3) Color: Es una propiedad intensiva del suelo, que se emplea para la descripción de los distintos horizontes, relacionándose con la naturaleza del mismo y con las condiciones ecológicas en que se encuentra.

En términos generales, los suelos de los climas áridos son de colores claros, con tendencia a la alcalinidad y semejantes a la roca basal de que provienen; mientras que los suelos de climas húmedos, presentan colores oscuros, tienden a ser ácidos y con mayor grado de intemperización, que les confieren rasgos muy diferentes a las rocas de que se deri-

varon. Generalmente, el suelo puede presentar toda una gama de coloraciones, pero destacando las siguientes (53,73,58,--16,40,99,101,32).

6.3.1) Moteado: Se debe al mal drenaje.

6.3.2) Manchado: Por acumulaciones de cal, materia orgánica o por diversos estados de oxidación del fierro.

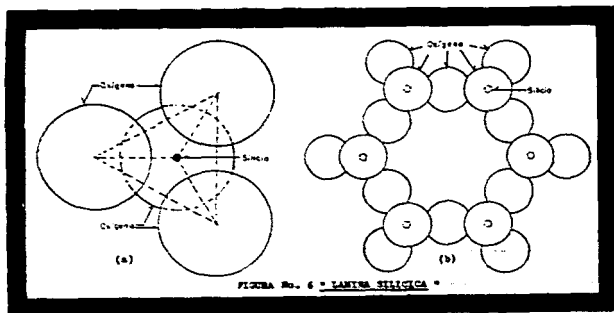
6.3.3) Veteado: Se debe a infiltraciones de coloides orgánicos y sesquióxidos de fierro.

6.3.4) Matizado: Se presenta en rocas completamente intemperizadas.

7) PROPIEDADES COLOIDALES: El origen de la actividad química en los suelos, se encuentra en el estado coloidal; los coloides pueden ser de naturaleza inorgánica o mineral y orgánica. El sistema denominado coloide, está formado por dos fases, una dispersa (arcilla o humus), cuyas dimensiones varían desde 0.02 cm, al tamaño molecular y otra dispersante, en este caso el agua (45,52,7).

7.1) Coloides inorgánicos (arcilla-agua): Partiendo de los diferentes minerales primarios (silicatos), principalmente feldespato de potasio, sodio o calcio, micas, olivino, serpentina, etc., que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química, llegan a un producto final: las arcillas, estos materiales están constituidos básicamente por silicatos de aluminio hidratados; -- presentando además en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, fierro u otros metales. Las arcillas presentan por lo general una estructura cristalina bien definida, cuyos áto--

mos, se disponen en láminas. Existen dos variedades de tales láminas: la silícica y la aluminica. La primera está formada por un átomo de silicio rodeado por cuatro de oxígeno, disponiéndose el conjunto en forma de tetrahedros, tal como se muestra (Figura No. 6a). Estos tetrahedros, se agrupan en unidades hexagonales, sirviendo un átomo de oxígeno como nexo entre cada dos tetrahedros (Figura No. 6b). Las unidades hexagonales al repetirse indefinidamente constituyen una redicula laminar (32,54,63,16,45,46,9,78,87,103).



Las láminas aluminicas están formadas por paredes de octaedros, dispuestos con un átomo de aluminio al centro y seis de oxígeno alrededor (Figura No. 7). El enlace entre estos octaedros, se establece por medio de los átomos de oxígeno (53,33,45,16,9).

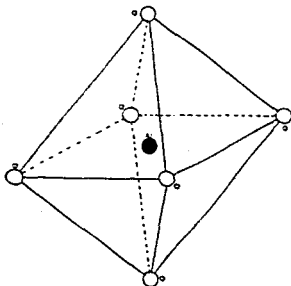


FIGURA No. 7 - ESTRUCTURA DE LA LÁMINA ALUMINICA -

De acuerdo a su estructura reticular, las arcillas se clasifican dentro de los tres grupos siguientes (5,6,7, 16,9).

7.1.1) Ceolinitas ($Al_2C_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$): Están formadas por una lámina silícica y otra aluminica (arcillas 1:1), que se superponen indefinidamente. La unión entre todas las retículas es lo suficientemente firme para no permitir la en-

trada de moléculas de agua entre ellas. En consecuencia se-
 ran estables en presencia de agua. Presentan poca superficie
 específica, y muy baja capacidad de intercambio catiónico. -
 En forma análoga, las propiedades de cohesión, plasticidad,
 contracción, etc., serán limitadas.

7.1.2) Montmorillonitas $\text{OH}_4 \text{Si}_8 \text{Al}_4 \text{O}_{20} \cdot n \text{H}_2\text{O}$: Formadas
 por una lámina aluminica entre dos silícicas (arcillas 2:1),
 superponiéndose indefinidamente. En este caso, la unión ---
 entre las redes es débil, por lo que las moléculas de agua -
 pueden introducirse en la estructura con relativa facilidad,
 a causa de las fuerzas electrostáticas generadas por su na-
 turaleza dipolar. La montmorillonita presenta una gran su-
 perficie específica y una alta capacidad de intercambio ca-
 tiónico; así como una elevada contracción, expansión etc.

7.1.3) Illitas $\text{OH}_4 \cdot \text{K} (\text{Si}_{8-y} \cdot \text{Al}_y) (\text{Al}_4 \cdot \text{Fe}_4 \cdot \text{Mg}_4 \cdot \text{Mg}_6) \text{O}_{20}$:
 Tiene una estructura similar a la montmorillonita (arcilla -
 2:1), dos hojas de sílice, que encierran a una hoja de alu-
 minio. No obstante, aproximadamente 15% del silicio en las -
 hojas silícicas, esta sustituido por átomos de aluminio y -
 potasio. Esta presentan propiedades intermedias entre la -
 caolinita y la montmorillonita.

7.2) Coloides orgánicos (humus): Los coloides orgánicos, -
 se deben principalmente a la presencia de humus en el suelo.
 Para los suelos agrícolas, el humus se define como la parte
 bien descompuesta y estabilizada de la materia orgánica cuya
 estructura es totalmente diferente al material del que pro-
 viene. Es un material amorfo, de color pardo a negro. En su
 composición química el humus contiene aproximadamente un 30%

de lignina, proteína y poliurónidos (azúcares complejos más ácido urónico).

Los coloides orgánicos constituyen una parte apreciable - del contenido coloidal de los suelos. De hecho, en suelos - arenosos forman la parte principal de los coloides. Sus propiedades, se ven afectadas por la naturaleza de los iones - adsorbidos, en forma similar a los coloides inorgánicos.

Los principales elementos químicos, que componen al humus son: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; en lugar de - silicio, aluminio y oxígeno, como en los coloides arcillosos. Los coloides orgánicos tienen propiedades de adsorción de 5 a 7 veces más elevadas para el agua, que sus homologos inorgánicos. El humus coloidal, tiene una capacidad de intercambio, de más o menos 400 miliequivalentes por cada 100 gramos (m.e./100g); comparados con los 60 a 100 miliequivalentes de los coloides arcillosos (38,21,16,32,40,99,9,100).

8) PROPIEDADES QUÍMICAS: Después de describir en forma muy elemental el estado coloidal del suelo, expondremos a continuación las propiedades químicas de mayor importancia, para cubrir los objetivos de este trabajo: Solución circulante, - Intercambio iónico (catiónico y aniónico), Reacción del suelo (pH), Contenido de elementos nutritivos y acción compensadora (amortiguamiento) (38,99,101,63).

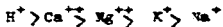
8.1) Solución circulante: La fase líquida del suelo, se constituye por una solución muy diluida y en continuo movimiento, denominada solución circulante; es el medio más común por el que las plantas obtienen sustancias nutritivas. -

Las raíces de los vegetales tienen la propiedad de absorber del suelo, un importante volumen de agua, el cuál contiene disueltas, diferentes sustancias procedentes de las partículas del terreno, de los residuos orgánicos y de sales que se han adicionado como fertilizantes o traídos por el agua de riego.

La composición de la solución circulante, no permanece constante, sino que varia a causa de múltiples y complejos fenómenos, que tienen lugar en el laboratorio químico que es el suelo, y que están ligados a la naturaleza del terreno, a su profundidad y a las prácticas de cultivo. Las soluciones circulantes, son por ello tan variables, como lo son los suelos y las modalidades con que se desarrollan en ellos los fenómenos bioquímicos; las soluciones circulantes, tienden a un equilibrio, el cual permanece siempre inestable (112,16,-32,45).

8.2) Intercambio catiónico: Los cationes son iones cargados positivamente. Los coloides del suelo (orgánicos e inorgánicos), poseen superficies con cargas negativas no neutralizadas, es en estos sitios en donde los cationes tienden a adsorberse, por atracción electrostática. Los cationes adsorbidos, son resistentes a la remoción del lavado por agua, pero se les puede reemplazar por otros cationes en solución. Al intercambio de un ión positivo por otro, se le denomina intercambio catiónico, el cual se desarrolla tanto en la superficie de las arcillas y humus, como en la superficie de las raíces de las plantas (63,38,16,45,9).

No todos los cationes son adsorbidos con igual tenacidad en una arcilla saturada con un catión dado; se ha demostrado que la fuerza de sustitución de los cationes de metales alcalinos aumentan con el peso atómico. El ión potasio (K^+) - por ejemplo, es un sustituto mucho más poderoso que el ión sodio (Na^+) y es adsorbido con mayor rapidez por los coloides. Esta misma regla es aplicable para los metales alcalinoterreos. Además, los cationes divalentes son más eficaces que los monovalentes. El Hidrógeno (H^+), es una excepción; - ya que es el más fuertemente retenido por la arcilla y el humus, y es también el sustituto más poderoso de cationes. - Por lo tanto, la fuerza de sustitución puede establecerse de la siguiente forma (16,32,53).



A la cantidad total de cationes intercambiables que presentan los coloides orgánicos e inorgánicos en una determinada muestra de suelo, se le conoce con el nombre de capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), la cual se mide en miliequivalentes por 100g de suelo (m.e./100g). Un miliequivalente es 10^{-3} equivalentes de iones. El miliequivalente es una unidad cómoda de medida porque es independiente de la valencia del catión. Por ejemplo, un m.e. de Na^+ = un m.e. de Ca^{++} = un m.e. de Al^{+++} , en términos de su carga eléctrica. La mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico ocurre en las arcillas y el humus, con los valores para humus por unidad de peso, varias veces mayor que para las arcillas. En la tabla siguiente, se indican algunos valores para las capacidades de intercambio catiónico representativas de los coloi-

des del suelo (40,16,73,53,32).

| COLOIDE | C.I.C. (m.e./100g de suelos). |
|-----------------|-------------------------------|
| Humus | 100 - 300 |
| Montmorillonita | 60 - 100 |
| Illita | 25 - 40 |
| Caolinita | 3 - 15 |
| Sesquióxidos | 0 - 3 |

En general, cuanto más arcilla y humus haya en el suelo, tanto más elevada será su capacidad de intercambio catiónico. Los suelos arenosos, tienen en promedio de 0 - 5 m.e./100g - de suelo. Para un suelo franco-arenoso, su valor oscila entre 5 - 10 m.e./100g. En los suelos franco-arcillosos, es aproximadamente 15 - 20 m.e./100g; mientras que en los suelos de arcilla por lo general excede de los 30 m.e./100g (9,46, - 16,15,97,32).

3.3) Intercambio Aniónico: Los suelos, en especial ricos - en materia orgánica, presentan la capacidad de retener una - pequeña cantidad de aniones en la forma intercambiable. El - orden relativo de intercambio de aniones es (32,45,53,16).



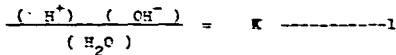
De estos aniones, el fosfato intercambiable es de mayor - importancia, dado que los sulfatos y nitratos no son reteni- dos en cantidades apreciables durante largos periodos de - tiempo.

Los fosfatos se adhieren en cantidades significativas, y

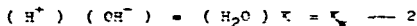
cuantos más ácido sea el suelo, mayor será su poder de adsorción. Espero, la mayor parte de aniones fijados no son intercambiables. En los suelos ácidos, el hierro y el aluminio — forman con rapidez compuestos bastante insolubles con los — fosfatos. Al menos, parte del fosfato que ha reaccionado con los compuestos de hierro y aluminio y con las arcillas silicatadas está sujeto a la sustitución por aniones, como los — iones (OH^-). A este tipo de sustitución se le denomina intercambio aniónico. Los suelos en los que predomina la ceolinita, presentan una mayor capacidad de intercambio de aniones; con respecto a aquellos que contienen montmorillonita e illita como grupo mineral principal (38,45,49,105,16).

3.4) Reacción del Suelo (PH): Es una característica química de notabilísima importancia, pues determina directamente la adecuación del suelo como un medio para el desarrollo de las plantas. El estudio de esta característica nos ayuda a — comprender, cuando un suelo es ácido, neutro o alcalino (70, 16,9).

3.4.1) Deficiencia del PH: En la ionización del agua, la — constante de equilibrio se expresa en la forma siguiente:



Tratándose de soluciones acuosas diluidas, la concentración de las moléculas de agua no disociadas, puede considerarse como constante, por lo que la igualdad anterior se puede expresar así:



En la expresión (2), K_w se denomina producto de ionización del agua. K_w , varía según la temperatura, pero generalmente se toma como base su valor a 24°C, y corresponde a 1×10^{-14} , por lo tanto:

$$(H^+) (OH^-) = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

y en el agua pura $(H^+) = (OH^-)$

por lo que $(H^+) = (OH^-) = 1 \times 10^{-7}$

es decir $(H^+) = 1 \times 10^{-7}$

y $(OH^-) = 1 \times 10^{-7}$

La concentración de iones hidrógeno (H^+), por razones de comodidad y según la propuesta de Soerensen (1909), se expresa como el logaritmo negativo de la concentración de iones (H^+) o por el logaritmo común de la recíproca de la concentración de dichos iones, expresión que a su vez se define en forma simplificada como pH.

$$pH = -\log (H^+) \text{ o también, } pH = \log \frac{1}{(H^+)}$$

El símbolo (pH), representa el potencial de los iones hidrógeno, y ha sido adoptado universalmente, por la comodidad que presenta para expresar la concentración de iones hidrógeno (H^+).

3.4.2) Importancia del pH: La reacción que presenta el suelo, ejerce una gran influencia en el desarrollo de las plantas, los microorganismos y en la velocidad y tendencia de los procesos químicos y bioquímicos, que transcurren en el. La asimilación de sustancias nutritivas por las plantas,

la actividad de los microorganismos del suelo, la mineralización de las sustancias orgánicas, la disgregación de los minerales y la disolución de compuestos difícilmente solubles, así como la estabilidad de los coloides y muchos otros procesos físicos, químicos y biológicos, dependen en gran medida de la reacción del suelo; influye también en la eficacia de los fertilizantes aplicados; a su vez estos pueden modificar el pH del suelo al acidificarlo o alcalinizarlo (38, 58, 16, 32, 96, 55, 66).

En función del pH (concentración de iones (H^+) y (OH^-)), los suelos se clasifican de la siguiente forma (53, 73, 78).

| CLASIFICACION | | |
|---------------|----------------|-----------|
| PH | PARCIAL | GENERAL |
| Menos de 3.8 | Muy ácido | Acidos |
| de 3.8 a 5.5 | Acidos | |
| de 5.5 a 7.0 | Poco ácido | |
| 7.0 | Neutro | |
| de 7.0 a 8.0 | Poco alcalinos | Alcalinos |
| de 8.0 a 9.2 | Alcalinos | |
| más de 9.2 | Muy alcalinos | |

8.5) Contenido en Elementos Nutritivos: La productividad de un suelo depende concretamente, de la naturaleza y proporción de los nutrientes que contenga. Para fines agrícolas, -

no es de interés la cantidad total de esos elementos, sino la parte asimilable (9,58,16,9,101,21,54,101,100).

En el suelo existen elementos o principios nutritivos indispensables para el desarrollo de las plantas, con excepciones del carbono, hidrógeno y oxígeno que toman del aire (53,35).

Estos elementos, que las plantas absorben por las raíces, de la solución del suelo, unos son absorbidos en grandes cantidades, llamándoseles por esto macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), otros en dosis ínfimas o mucho menores, recibiendo el nombre de micronutrientes, oligoelementos o elementos traza (hierro, boro, cobre, manganeso, molibdeno, zinc, cloro y cobalto).

De los macronutrientes, el nitrógeno, fósforo y potasio, escasean en el suelo y deben aportarse al mismo por fertilización. El calcio, se encuentra abundante en unos y escasos en otros, por lo que también deberá adicionarse. Algo parecido ocurre con el magnesio. El azufre, se encuentra normalmente en cantidades suficientes, se aporta conjuntamente con otros abonos (35,60,3,23,101,96,54,55).

Los oligoelementos, suelen presentarse en dosis suficientes. No obstante, la falta de algunos de ellos, puede repercutir notablemente en el desarrollo normal de la planta.

5.5.1) Función de los macronutrientes esenciales:

Nitrógeno (N): Constituyente de todas las proteínas, la clorofila, las coenzimas y de los ácidos nucleicos. La —

mayor parte se encuentra en restos de plantas, bajo la forma de compuestos complejos. Los microbios los descomponen en sales de amonio. Luego, ciertas bacterias oxidan el amonio para formar sales de nitrito, y el nitrato mediante el proceso llamado de nitrificación. Las plantas pueden usar al ión nitrato y amonio, por lo que estos son absorbidos de la solución del terreno (101,9,100,35).

Fósforo (P): Importante en la transmisión de energía como adenosin-trifosfato (ATP). Constituyente de muchas proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos. Se encuentra en el suelo en el mineral de apatita y en los fosfatos de calcio, hierro y aluminio, también en varios compuestos orgánicos. Al liberados después de varias reacciones químicas, es absorbido bajo la forma de ión fosfato (PO_4^{3-}), (17,42,16,99).

Potasio (K): Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular. Además interviene en los procesos de síntesis de azúcares y almidón, traslado de azúcares, síntesis de proteínas, en la fosforilación oxidativa que se produce en las membranas de las mitocondrias, también en la estimulación enzimática. Se encuentra en el suelo en feldespatos y micas (99,101,16,9,42).

Calcio (Ca): Componente de la pared celular, desempeña un papel importante en la estructura y permeabilidad de las membranas (60,15,9,32,85).

Magnesio (Mg): Constituyente de la clorofila y acti-

vador de enzimas.

Azufre (S): Constituyente importante de las proteínas vegetales (32,99,55).

3.5.2) Función de los micronutrientes: (55,63,86,99,101, 100).

Boro (B): Favorece la germinación de las semillas, - se piensa que es importante en la translocación de azúcares, y en el metabolismo de carbohidratos.

Hierro (Fe): En la síntesis de la clorofila y en las enzimas para la transferencia de electrones.

Manganeso (Mg): Controla varios sistemas de oxidación y reducción, en la fotosíntesis para formar O_2 .

Cobre (Cu): Catalizador para la respiración y constituyente de enzimas.

Zinc (Zn): En sistemas enzimáticos que regulan diversas actividades metabólicas,

Cobalto (Co): Esencial para la fijación simbiótica de nitrógeno.

Molibdeno (Mo): En la nitrogenasa, para la fijación de nitrógeno.

Cloro (Cl): Activa el sistema para la producción de O_2 en la fotosíntesis.

Los elementos químicos de mayor importancia en la química del suelo (macronutrientes y micronutrientes), que son indispensables para el desarrollo óptimo de las plantas; tie--

nen su origen principalmente en: Los minerales del suelo, la materia orgánica y el agua de riego. Todos estos elementos - forman uno o más iones (cationes y aniones), y son los que - se adsorben en la superficie de los coloides (orgánicos e - inorgánicos), y que finalmente son absorbidos por el sistema radicular de la planta. A continuación se indican, los elementos y sus formas iónicas más frecuentes (23,9,10,53,93,-45).

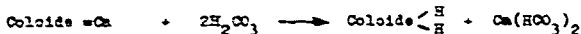
| ELEMENTO | SÍMBOLO | IONES PRINCIPALES |
|------------|---------|---|
| Nitrógeno | N | NH_4^+ NO_3^- NO_2^- |
| Fósforo | P | H_2PO_4^- HPO_4^{2-} |
| Potasio | K | K^+ |
| Calcio | Ca | Ca^{++} |
| Magnesio | Mg | Mg^{++} |
| Azufre | S | SO_4^{-2} |
| Boro | B | $\text{B}_4\text{O}_7^{-2}$ |
| Zinc | Zn | Zn^{++} |
| Cloro | Cl | Cl^{-1} |
| Cobre | Cu | Cu^{++} |
| Hierro | Fe | Fe^{++} Fe^{+++} |
| Manganeso | Mn | Mn^{++} MnO_4^- |
| Moolibdeno | Mo | MoO_4^{-2} |
| Cobalto | Co | Co^{++} |

8.6) Acción compensadora (amortiguamiento): La mayoría de los suelos pueden resistir grandes cambios de pH, cuando se les adicionan altas cantidades de algún material ácido o básico, tales como un fertilizante. Esta capacidad para soportar un cambio en su reacción, es la capacidad de amortiguamiento, la cual se incrementa, con el aumento de la capacidad de intercambio catiónico. Para mostrar amortiguación, el suelo debe remover los iones (H^+) de los ácidos añadidos o neutralizar los iones hidróxido (OH^-) de las bases. Esto ocurre por el intercambio de iones y neutralización (62,32,-99).



En estos ejemplos, ni el hidróxido de amonio ni el carbonato de calcio (caliza), cambian el pH del suelo, ya que actúan como bases, neutralizando a los iones (H^+) del coloide. Dando como resultado coloides neutros más agua.

Una reacción similar de amortiguamiento, se presenta al añadir un ácido:



El CO_2 (dióxido de carbono), se disuelve en el agua y forma H_2CO_3 (ácido carbónico), el cuál es un ácido débil que se ioniza produciendo iones (H^+), estos se orientan hacia los sitios de intercambio para fijarse y liberar al ión calcio Ca^{++} , el cual forma $Ca(HCO_3)_2$ (bicarbonato de calcio), -

que es ligeramente alcalino y eventualmente, el bicarbonato se precipitará como CaCO_3 (Caliza) liberando agua (45,38,16, 32,73).

" II.- CARACTERISTICAS DE LA PLANTA "

1) ORIGEN E IMPORTANCIA: Aún cuando es generalmente aceptado el origen americano del maíz, los investigadores no se han puesto de acuerdo, si esta gramínea se originó en México, en el sur de los Estados Unidos o en algunas regiones de Centroamérica e incluso América del sur. Sin embargo, los vestigios históricos evidencian que su cultivo se inició en nuestro país.

En la era precortesiana, nuestros antecesores sembraban maíz, el cuál se constituía como principal componente de su alimentación. Este cereal siempre ha estado vinculado a la vida de nuestro pueblo, y no se puede concebir el estudio de los grandes problemas de nuestra Patria sin tenerlo en cuenta (34,59,82,83,84,32,104).

2) DESCRIPCION BOTANICA: El maíz es la planta domesticada del género *Zea* (cereal en griego), perteneciente a la familia de las gramíneas, subfamilia andropogonacea, tribu muidae, identificada específicamente como *Zea mays* L. (3,5,31).

2.1) Sistema radicular: La raíz principal esta representada por una o cuatro raíces seminales, las cuales pronto dejan de funcionar como tales, ya que proceden directamente del cariospide y en su lugar empiezan a desarrollarse una gran cantidad de raíces fasciculadas o fibrosas; por lo tanto, el maíz carece de raíz axonomorfa (pivotante). El sistema radicular fibroso, se localiza propiamente en la corona, para ramificarse en raíces secundarias, terciarias etc. hasta terminar en cada uno de los pelos radiculares, siendo en -

estos donde se realiza la máxima absorción del agua y los nutrientes contenidos en el suelo. Además, constituyen el medio de fijación o "anclaje" de la planta, de otra forma se perdería la estabilidad de la misma en cemerito de su buen desarrollo y por consecuencia habría bajos rendimientos en grano y/o forraje (84,32,109,58).

El maíz, tiene la particularidad de desarrollar raíces adventicias en los primeros nudos del tallo. La mayor o menor cantidad de estas, dependerá del genotipo de la planta. La función más importante de estas es dar mayor estabilidad a la planta, evitando el encame; también favorecen e incrementan la absorción del agua y los nutrientes.

Por no ser pivotante, la raíz del maíz no es muy profunda pero en cambio tiene un gran desarrollo lateral que se extiende en la capa arable del suelo y lo aprovecha al máximo, ya que en esta parte del terreno, se localiza la mayor cantidad de nutrientes; sin embargo existen reportes de raíces que han profundizado alrededor de dos metros (Figura No. 8.1) (3).

2.2^o Tallo: Es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos, generalmente son de 8 a 21. Los entrenudos de la base de la planta son cortos, y van siendo más largos a medida que se encuentran en posiciones más superiores, hasta culminar con el entrenudo más largo que lo constituye la base de la espiga (panoja). Existe una tendencia similar respecto al grosor de los entrenudos, o sea que los inferiores son de mayor diámetro que los superiores. Los entrenudos son

medulares, o sea, no huecos.

La altura depende de dos características: una el número de entrenudos, y dos de la longitud de los mismos, esto en términos generales, ya que existen variedades de tipo enano, en donde la altura depende del acortamiento de los entrenudos y no del número de estos.

La mayoría de las variedades mejoradas y de híbridos que se siembran en escala comercial, son de un tallo, pero existen variedades de algunas razas con mayor o menor índice de "ahijamiento", o sean, plantas con un tallo principal, y uno, dos o muchos tallos que emergen de la misma corona. Este carácter no es deseable ya que a mayor número de tallos por planta, producirá mazorcas y semillas de menor tamaño al tener mucho desarrollo vegetativo y requerir más espacio entre las plantas.

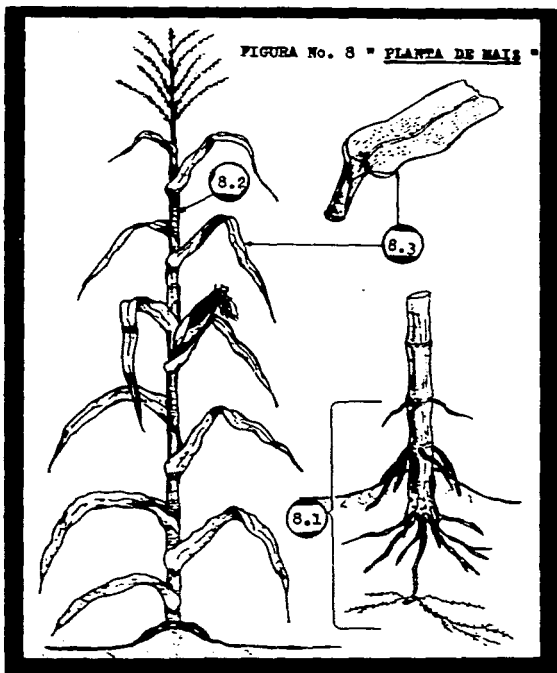
El tallo se origina de la plumula del embrión y existen dos regiones de crecimiento diferentes: en uno (meristemas intercalares) se diferencia más rápidamente para constituir los nudos con tejidos permanentes. La otra región (entrenudos), se diferencian más lentamente sus tejidos según el ritmo de crecimiento de la planta.

En la medula de los entrenudos, se encuentran dispersos los haces fibrovasculares característicos del maíz y en general de las monocotiledoneas, en contraste con las dicotiledoneas, que se caracterizan por una disposición concéntrica y ordenada en capas bien definidas (Figura No. 8.2) (10, 34, 35).

2.3) Hojas: El número de hojas por planta (sin incluir hijuelos) es variable, encontrándose plantas desde 8 hojas --- hasta alrededor de 21. El número más frecuente es de 12 a --- 18, con un promedio de 14. Este número de hojas, obviamente depende del número de nudos del tallo, ya que de cada nudo --- emerge una hoja.

Las hojas se desarrollan en los primordios foliares. Al --- principio, el crecimiento es en el ápice (crecimiento api--- cal), pero después se van diferenciando los tejidos mediante crecimiento en todos los sentidos hasta adquirir la forma --- característica de las hojas de maíz (larga y angosta), con venación paralelinerve, y constituida por vaina, lígula y --- limbo. La vaina es envolvente y con sus extremos no unidos. La lígula es incipiente. El limbo es sésil, plano y con longitud variable de más o menos 5 cm a más de 10 cm, desde --- luego, estas variaciones dependen de la constitución genética de las variedades y de las condiciones de clima y suelo.

Las hojas desempeñan un papel tan importante, que pudie--- ramos considerarlas como los pulmones de la planta, pues --- por medio de ellas se efectúan los fenómenos de respiración y transpiración, además es por medio de ellas que se verifica la función clorofiliana, y que con la intervención de la luz solar se asizila el carbono, para la formación en la --- planta de los hidratos de carbono, indispensables en la --- constitución de la planta y, en general para la formación --- de los elementos ternarios que constituyen el grano y demás partes de los organos (Figura No. 8.3) (3,59,34,84).

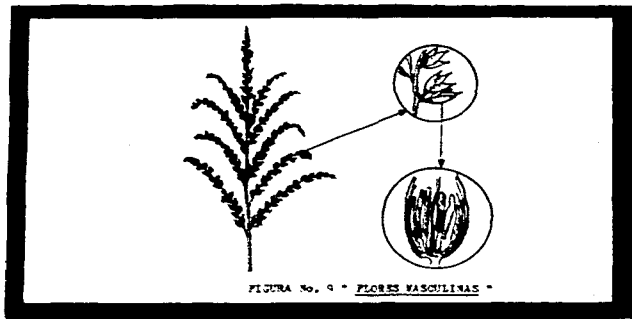


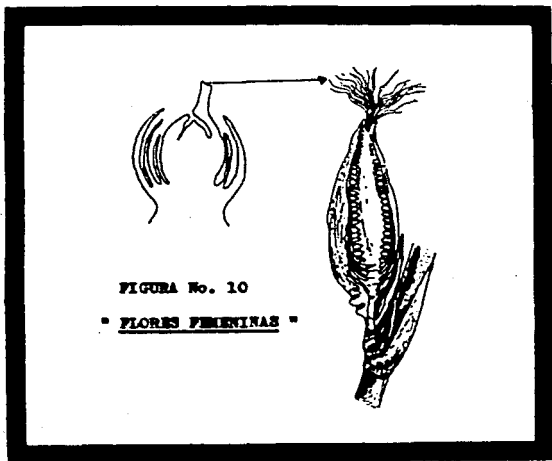
2.4) Flores: El maíz es una planta monoica, es decir, que tiene en el mismo pie las flores masculinas y femeninas --- pero separadas. Esta disposición floral hace que la polinización sea cruzada, haciendo que el órgano hembra y que son los jilotes o cabellitos, sean fecundados por el órgano macho, que es el polen y que se produce en la espiga.

2.4.1) Flores masculinas (estaminadas): Se encuentran - dispuestas en espiguillas, distribuyéndose en ramas de la - inflorescencia conocida como "esviga", la que, propiamente es una panícula abierta y más o menos laxa según las variedades. Cada flor está integrada por dos bracteas, una es la lema - (glumilla inferior), y la otra palea (glumilla superior), - ambas son de estructura apergamada y filogenéticamente -- constituyen sépalos modificados del verticilio floral primario. Las flores estaminadas se insertan de dos en dos y contiene cada una tres estambres, estos últimos con su filamento y su antera cada uno (Figura No. 9) (3,84,31).

2.4.2) Flores femeninas (pistiladas): Se encuentran distribuidas en una inflorescencia, con un soporte central denominado "olote", el que, filogenéticamente se integró por - la fusión de las ramas de una panícula hace miles de años - durante los procesos evolutivos naturales y por la intervención del hombre mediante selección continua de aquellas inflorescencia que contenían mayor número de granos. Como en - el caso de las flores estaminadas, las pistiladas también se encuentran de dos en dos y esto explica, que el número de - hileras de la mazorca, siempre sea un número par, si es que el desarrollo es normal, puesto que, se encuentran mazorcas

con hileras no bien definidas, originandose confusión en el conteo de las mismas. Cada flor está formada por un ovario, un estilo y gran cantidad de estigmas distribuidos a lo largo del estilo, siendo este un mecanismo evolutivo que asegura al máximo la perpetuación de la especie "Zea mays". La inflorescencia pistilada hasta antes de la fecundación, se denomina "jilote"; después de la fecundación y la formación de granos tiernos en estado lechoso-masoso, constituyen el "elote"; al madurar los granos y estar en condiciones de cosecha, la inflorescencia es una "mazorca". Cada mazorca está cubierta por "espatas", las que en conjunto se conocen como "totonoxtle". Las espatas son hojas modificadas; que nacen de nudos muy acortados; siendo propiamente una raza con entrenudos drásticamente disminuidos (Figura No. 10) (3,59,31,41).





3) EL GRANO DE MAIZ: Es la parte más interesante de la planta, varía mucho en sus caracteres, como son: la forma, el tamaño, la coloración, consistencia y composición química.

El grano madura en un lapso de 50 y 90 días después de la fecundación, dependiendo de la variedad principalmente. Se entiende que se hace mención a la madurez fisiológica del grano.

En un grano de maíz pueden distinguirse seis partes principales, las cuales se describen a continuación y se esquematizan (Figura No. 11) (5,84,34,3).

3.1) Pericarpio (cubierta): Protege la semilla, tanto antes como después de la siembra, limitando o impidiendo la entrada de hongos o bacterias que podrían invadir el grano. Si el pericarpio resulta dañada, tal vez la germinación se torne más lenta, pues los organismos patógenos, pueden invadir la semilla en germinación y utilizar las reservas almacenadas; antes del afianzamiento de la planta (3,5,84,31).

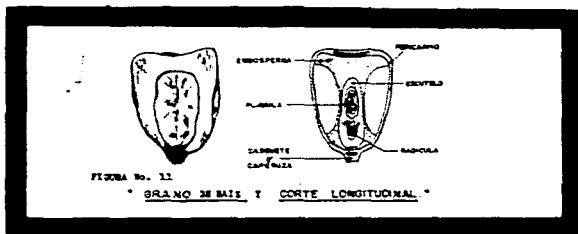
3.2) Endosperma: Es la principal reserva energética del grano. Está compuesto por 90% de almidón y 7% de proteínas, con pequeñas cantidades de aceites, minerales y otros compuestos químicos. La función principal del endosperma, es la de proporcionar alimento energético a la planta joven hasta que sus raíces estén bien afianzadas y sus hojas puedan elaborar carbohidratos en cantidades suficientes, para satisfacer los requerimientos de la vida y el crecimiento. En el endosperma, las proteínas conforman una red o matriz córnea, en cuyo interior se encuentran los granulos de almidón (31,59,84).

3.3) Escutelo: Transforma, absorbe y traslada las materias de reserva contenidas en el endosperma hacia la plantula en vías de formación (84,3,5).

3.4) Plúmula: Es la yema del embrión en una semilla, y que dará origen a la parte aerea de la planta (3,59,31).

3.5) Radícula: Es el extremo del hipocotilo, del cuál se desarrolla la raíz primaria, cuando la nueva planta empieza a crecer (84,31,5).

3.6) Casquete o caseruzo (sombrero): Cubre la parte inferior del grano, por lo que se inserta en el clote y sirve de protección al extremo inferior del germen (5,31,3).



4) VARIETADES: Existe gran cantidad de variedades regionales, mejoradas e híbridos de saíz propias para las principales regiones de México, según las condiciones ecológicas y edáficas; así como por la forma de cultivo ya sea temporal o riego.

Como en los casos de la "época de siembra" y "densidad de siembra", lo más importante no es mezclar cierta variedad para determinada región; puesto que existen muchas variedades y regiones, y estos datos pueden obtenerse fácilmente en

las revistas especializadas sobre el tema y que se publiquen periódicamente. Al respecto, los boletines informativos — constantemente excluyen variedades, producto de la continua investigación. En consecuencia, lo más útil es saber como — determinar cuál es la mejor variedad en una región dada y — bajo que condiciones de cultivo (84,32,10,34,31).

Si experimentalmente no se ha definido cuál es la mejor — variedad dentro de un grupo de variedades criollas o nati— vas, debe haberse una colección regional, y otras a nivel — nacional e internacional, sobre la base de que, las varietades deben proceder de regiones con condiciones ecológicas — más o menos similares, a las de la región agrícola donde se va a realizar el estudio; respecto a: altitud, latitud, fotoperíodo, temperaturas máximas medias y mínimas, humedad — relativa, precipitación pluvial, etc. Se deberá establecer — un experimento de comparación de rendimiento con el total de variedades, para seleccionar preliminarmente las que tengan mejor adaptación y caracteres agronómicos deseables; respecto a vigor, resistencia a enfermedades, resistencia al acame, buen rendimiento de forraje y grano, buena calidad etc. (5,-104,84,79).

En el siguiente ciclo agrícola, proyectar un ensayo de — rendimiento con las variedades sobresalientes, por su adaptación, rendimiento, calidad u otros caracteres agronómicos; del material incluido en la comparación preliminar del experimento anterior. Debe usarse la distribución de parcelas más conveniente y el número mínimo de repeticiones, que asegure

La máxima eficiencia en el análisis estadístico para determinar cuál es la mejor variedad. Por simple introducción y comparación de variedades e híbridos, se puede encontrar una variedad superior al testigo (la mejor variedad regional); como también puede suceder que resulte la mejor variedad el testigo (59,31,72).

Si el esquema que antes se esbozó se realizara en cada una de las regiones de México, rápidamente se podría aumentar el rendimiento promedio nacional. En nuestro país se encuentran diversas regiones productoras de maíz, cada una con muy diferentes condiciones ecológicas; en las que lógicamente, es indispensable determinar la mejor variedad o híbrido (84,31,72).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) han determinado las mejores variedades e híbridos para las siguientes regiones (84,96).

Tiros de maíces de alto rendimiento y regiones para donde se recomiendan

| <u>Zonas</u> | <u>Tipo de siembra</u> | <u>Tipo de maíz</u> |
|---------------------------|------------------------|---------------------|
| Costa de Hermosillo, Son. | Primavera. | H-412 |
| Valle de Guaymas, Son. | " | H-412 |
| Valle del Yaqui, Son. | Verano | H-501, H-507 |
| Valle del Mayo, Son. | " | H-503, H-507 |

| | | |
|--|------------------|---------------------------|
| Valle del Puerte, Sin. | Primavera | H-412, costeño |
| Valle de Juliacan, Sin. | Invierno | H-412, costeño |
| | Verano | H-503, H-507 y Costeño |
| Mazatlan, Sin. | Riego y Temporal | H-503, H-507 |
| Santiago Ixcuintla, Nay. | " " | H-503, H-507 |
| Jihuahua y Coahuila (de 500 a 1300 m incluyendo - la Comarca Lagunera) | Riego | Sn. Juan, H-412 |
| Tamaulipas (de 500 a 1300m) | " | Sn. Juan, H-412 |
| Coahuila (de 0 a 1200 m) | Riego y Temporal | H-503, H-507, H-412 |
| Mesa Central | Temporal | H-125, H-127 |
| | | H-129 |
| México, Puebla y Tlaxcala (de 1900 a 2000 m) | Riego o Jugo | H-129, H-28 |
| | | H-24, H-28 |
| Hidalgo | Riego | H-28 |
| | Temporal | V-105, VS-11 |
| Valle de Toluca | Riego y Temporal | H-24, H-28 |
| | | H-552, H-553 |
| Guanaajuato | | H-303, H-230 |

| | | |
|--------------------------|----------------|-----------------|
| Michoacan | Riego | Sn. Juan, H-412 |
| Queretaro | Punta de riego | H-353, H-352 |
| | Temporal | H-309 |
| | Riego | H-309 |
| Jlisco | Punta de riego | H-230 |
| | Temporal | H-309 |
| Veracruz (de 0 a 100 m) | Riego, humedad | H-503, H-507 |
| Oaxaca | Temporal | Maíz y VS-550 |
| Tabasco | Temporal | |
| Chiapas | | |
| Veracruz | | |
| Oaxaca (de 1200 a 1800m) | Riego | H-352, H-353 |
| Tabasco | Temporal | H-230 |
| Chiapas | | |

Los trabajos experimentales del INIPAP y del CIMMYT, son continuos y por lo mismo las variedades e híbridos son sustituidas por otras que son superiores (72,53,84,109).

5) CONDICIONES CLIVATICAS Y EDAFICAS: El cultivo de maíz, — actualmente se realiza en casi todos los climas de la república mexicana, por ser una especie vegetal que se adapta a condiciones ambientales y de suelo muy diversas, como resultado de su amplia gama de variabilidad genética, de tal manera que, por selección natural y/o por fitomejoramiento, es

susceptible de sembrarse en diversas regiones agrícolas — (84,109,20).

5.1) Clima: El clima de una determinada región se caracteriza al hacer un estudio minucioso de los siguientes parámetros: la temperatura, la humedad, el fotoperiodo, el granizo, las heladas, los vientos. Dentro de los factores que hacen variar al clima tenemos; la altitud y la latitud (8,59,72, - 84).

En el clima se reúnen factores favorables y desfavorables al cultivo. Dentro de los primeros se consideran la temperatura, la humedad y el fotoperiodo. Como factores desfavorables cabe mencionar al granizo y las heladas.

5.1.1) Temperatura: Este factor ejerce una influencia decisiva en el proceso de germinación de la semilla. Temperaturas menores de 10 °C retardan o inhiben la germinación. - Temperaturas medias máximas de 40 °C, son perjudiciales en especial en el período de polinización.

Para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20 °C y 30 °C. La óptima depende del estado de desarrollo. A continuación se indican los rangos de temperatura (3,31,34,67).

| Estado de desarrollo | Mínima | Óptima | Máxima |
|-----------------------|--------|------------|--------|
| Germinación | 10° C | 20 a 25° C | 40° C |
| Incremento vegetativo | 15° C | 20 a 30° C | 40° C |
| Floración | 20° C | 21 a 30° C | 30° C |

Durante la época de formación de granos, las temperaturas altas inducen una maduración más temprana (59,84,67).

5.1.2) Humedad: Los requerimientos óptimos de humedad son diferentes si se consideran variedades precoces (alrededor de 80 días) o variedades tardías (alrededor de 140 días). - Bajo condiciones de temporal (sin riego) y con variedades adaptadas, se pueden tener buenos rendimientos con más o menos 500 mm de precipitación pluvial; distribuidos durante el ciclo vegetativo (no durante el año). Desde luego, existen regiones con variedades criollas que prosperan con bastante menos de 500 mm, pero no con menos de 400 mm; debido a que se abaten los rendimientos conforme la precipitación se acerca a los 300 mm. Lo anterior es considerando regiones con buen temporal; si la precipitación es mucho mayor de 500 mm, en ocasiones resulta perjudicial para el cultivo, por exceso de humedad. Bajo condiciones de riego, generalmente es recomendable un riego para siembra y tres de auxilio, cuya suma total en láminas de agua de agua de riego implican alrededor de 20 cm de lámina en presiembra y 10 cm de lámina en presiembra, o sea más o menos 50 cm (500 mm) en total (84,31,59,67).

La tragedia de nuestra agricultura es de que, la mayoría de nuestros cultivos de maíz son de temporal, y este desde hace años viene fallando en una forma muy sensible, por lo que se han perdido grandes áreas cultivadas (67,108,110,57-69).

5.1.3) Fotoperíodo: Se considera que el maíz es una plan-

ta insensible al fotoperiodo, debido a que se adapta a regiones de fotoperiodos cortos, medios y largos. Sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen con 11 a 14 horas de luz. Mayor número de horas luz (fotoperiodo largo) o menor número de horas luz (fotoperiodo corto). De los valores antes indicados, si son excesivas afectan el desarrollo normal del maíz, y principalmente a la floración, disminuyendo en algunos casos el rendimiento.

5.1.4) Altitud: Se cultiva maíz con buenos rendimientos desde el nivel del mar hasta alrededor de 2500 m, sin embargo con altitudes mayores a 3000 m sobre el nivel del mar, los rendimientos disminuyen, sobre todo por bajas temperaturas, propias de altitud excesiva. Este rango tan amplio de altitudes hace que el cultivo se adapte a la mayor parte de las regiones agrícolas del país (67,3,64,59,31).

5.1.5) Latitud: En general, el maíz se adapta desde los más o menos 50° de latitud norte, hasta alrededor de 40° latitud sur, pasando por todas las latitudes comprendidas en este rango tan amplio. En particular en el continente americano, se siembra maíz desde Canadá (bajas temperaturas), Estados Unidos, México. Todos los países de Centro y Sud-América, hasta el sur de Argentina (bajas temperaturas). Las regiones más productivas se localizan entre el trópico de cáncer y el trópico de capricornio, que se caracterizan por altas temperaturas, como consecuencia de latitudes bajas. El factor latitud, es muy importante por su influencia en el fotoperiodo y en la temperatura (67,3).

5.1.6) Granizo: Ocasiona desgarramiento en las hojas y en las flores, su efecto es más perjudicial cuando las plantas están en floración, que en sus primeras fases de crecimiento, porque en esta etapa le da tiempo a la planta para recuperarse, no pasa lo mismo cuando está floreciendo, porque entonces el granizo destroza los órganos florales, no habiendo entonces fructificación. Para evitar las granizadas, se emplean cohetones, que se hacen exprofeso para tal objeto. Cuando hay presencia de nubes que caracterizan al granizo, o se presume que el fenómeno meteorológico puede presentarse, son lanzados al espacio para alejar a las nubes o provocar perturbaciones en ellas, y de este modo impedir la caída.

Las granizadas se presentan en la temporada de lluvias a fines de Mayo, durante los meses de Junio y Julio, y suelen caer las últimas en el mes de Agosto (31,91,72).

5.1.7) Heladas: Fenómeno meteorológico que en muchas ocasiones obliga a la pérdida total de las cosechas. El fenómeno se debe a que después de un rápido enfriamiento, viene una inesperada elevación de la temperatura, que es precisamente cuando se verifica el trastorno fisiológico. El efecto de la helada es más sensible cuando la planta se encuentra en plena floración o al iniciarse la fructificación, que cuando es pequeña, porque en esta fase le da tiempo a recuperarse, por lo que se debe aplicar riego inmediatamente después del fenómeno y hacer faenas de labor.

Teniendo en cuenta lo descrito, es conveniente que en las regiones en donde se presentan heladas, se procure que el --

ciclo vegetativo del maíz, quede comprendido dentro de la época en que no se presenten estas y en el último extremo — procurar porque el fenómeno meteorológico, alcance a las plantas en su primera fase de crecimiento, lo que implica — adelantar lo más posible las siembras.

En los lugares fríos de nuestro país no hay más que una cosecha al año; en las regiones que gozan de clima cálido y que por lo general no se presentan heladas, se obtienen dos cosechas, una de verano y la otra de invierno (72,67,31).

5.2) Suelos: El maíz prospera en diferentes tipos de suelo, respecto a textura y estructura. Se siembra en suelos arcillosos, arcillo-arenosos, francos, franco-arenosos, etc., — sin embargo, son mejores los suelos con textura más o menos franca, pues permiten un buen desarrollo del sistema radicular, y en consecuencia, mayor eficiencia en absorción de la humedad y de los nutrientes del suelo, así como un mejor — "anclaje" (fijación de las plantas), de tal manera que se eviten problemas de "encame" (caída de las plantas). Básicamente, el suelo es importante por su textura y estructura, — por su contenido de elementos orgánicos e inorgánicos como fuente de nutrientes, por la humedad, aereación etc., que contribuyan a proporcionar a la planta condiciones edáficas óptimas para un buen desarrollo vegetativo y lograr buenos rendimientos (3,31,58,72,82,84,99).

5.2.1) Terrenos buenos para el cultivo:

Los terrenos francos y profundos.

Los de aluvión, que son los formados en las orillas

de los rios, en donde el agua ha acumulado nutrientes orgánicos e inorgánicos.

Terrenos virgenes que están cubiertos por una vegetación espontanea, exuberante y que desde luego denotan su potencialidad química.

5.2.2) Terrenos malos para el cultivo:

Terrenos completamente arcillosos.

Terrenos completamente arenosos.

Terrenos con pendientes fuertes, que por lo general estan erosionados, y por lo tanto con una débil capa arable e infertil.

Terrenos completamente humíferos.

Los suelos con alto contenido de sales, como el cloruro, el sulfato y el carbonato de sodio. Estos terrenos se presentan en muchos sistemas de riego.

Los terrenos propensos a inundarse.

6) FERTILIZACION: En esta parte de trabajo trataremos otro de los puntos cuya importancia es decisiva para incrementar los rendimientos; la aplicación de fertilizantes al cultivo del maíz. La continua explotación de nuestros campos con esta gramínea, si haberle restituido los elementos químicos que las muchas cosechas han sustraído, ha dado por resultado que en la actualidad nos encontremos con muchos suelos estériles, ya que no conviene económicamente explotarlos, sin que se tomen en cuenta las medidas que aconseja la ciencia -

agronómica para hacerlos productivos (27,110,109,101,87,3).

La practica de la fertilización, según se requiera, puede realizarse antes de la siembra, en el momento de ella, o --- despues de la misma. De acuerdo con diferentes investigaciones, se ha encontrado en maíz los mejores resultados al --- aplicar en el momento de la siembra parte del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio de la dosis fertilizante; --- posteriormente en la segunda labor de cultivo el resto del --- nitrógeno, por ser este elemento el que menos se fija o conserva en el terreno, y para un mejor aprovechamiento por --- planta, es recomendable fraccionar su aplicación (31,67).

La aplicación de la dosis fertilizante, puede ser en una o dos bandas. Experimentalmente se ha comprobado que en --- ambos casos la efectividad es la misma. Debe colocarse la banda de fertilizante, más o menos a 10 cm de distancia lateral de la línea de las semillas y tambien alrededor de 10 cm de profundidad, de tal manera que las semillas de maíz no quedan en contacto directo con el fertilizante, pues éste puede ocasionar daños parciales o totales al embrión en el momento de la germinación (3,87,101,84).

La necesidad tanto de elementos mayores como menores, es diferente según las regiones agrícolas y aún dentro de una --- misma región existen diferencias en el contenido de nutrientes del suelo. Existen casos tan extremos en la heterogeneidad de los suelos, que en pocos metros pueden detectarse diferencias. Por otra parte, no todas las especies cultivadas requieren las mismas cantidades de los diversos elementos ---

fertilizantes. En síntesis, es indispensable determinar la dosis fertilizante óptima, que produzca los máximos rendimientos de grano o de forraje, bajo las condiciones ecológicas y edáficas de una región o de una localidad productora de maíz (84,58,57,3).

Los análisis químicos de suelos son importantes para conocer los elementos que existen; sin embargo, es necesario conocer que cantidades se encuentran disponibles o aprovechables por la planta. Aun si se pudiera conocer este último factor de la producción, debe tomarse en cuenta, que no todas las variedades de maíz responden a un mismo nivel de fertilización. En conclusión, lo más indicado desde un punto de vista técnico y agronómico, es determinar la dosis óptima fertilizante para la variedad superior en la localidad. Esto puede establecerse mediante un proyecto experimental, diseñado para su análisis estadístico, que conduzca a la conclusión de cuál es la mejor dosis fertilizante de entre varias que se incluyan en ese experimento (87,99,97,58,84).

" III.- MARCOS DE REFERENCIA "

La insuficiencia en la producción de maíz, ha sido un fenómeno crónico en la Historia contemporánea. La crisis agrícola iniciada a mediados de los años 60, así como los efectos de la recesión en curso desde 1982 y las políticas para superarla, han conducido a un notorio agravamiento de la deficiencia alimentaria, ampliamente reconocida por los organismos públicos correspondientes, las organizaciones campesinas oficiales o autónomas y los investigadores de la cuestión agraria (1,34,6).

Con base en datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (I.N.E.G.I.), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) y el Banco de México (B.M.); encontramos que la producción de maíz, durante los últimos 10 años 1981-1990 (Ver cuadro anexo), presenta una clara tendencia al descenso, y en consecuencia, la necesidad de importar los volúmenes necesarios para cubrir las necesidades alimenticias de la población; cuyo consumo promedio anual es de 15 millones de toneladas (1,6,3,10,5^o,3).

Frete a este panorama, considero de gran valor, los aportes que la ciencia química puede ofrecer. Dentro de ellos, las metodologías analíticas para el estudio de los suelos, que sin ser la gran panacea, se constituyen en una herramienta esencial para lograr una mejor explotación agraria, lo que nos conduce a obtener mejores rendimientos en la cosecha de maíz; y de esta forma en un futuro no lejano po-

dría lograrse la autosuficiencia en este cereal.

EVOLUCION DE LA OFERTA

1981 - 1990

Miles de toneladas

| <u>AÑO</u> | <u>OFERTA</u> | <u>PRODUCCION NACIONAL</u> | <u>IMPORTACIONES</u> |
|------------|---------------|----------------------------|----------------------|
| 1981 | 15014.7 | 12356.7 | 2478.0 |
| 1982 | 14942.2 | 14697.2 | 245.0 |
| 1983 | 13801.4 | 9899.4 | 3902.0 |
| 1984 | 15831.9 | 13318.9 | 2513.0 |
| 1985 | 14909.8 | 13109.3 | 1800.5 |
| 1986 | 15622.7 | 13919.2 | 1703.5 |
| 1987 | 15208.8 | 11606.9 | 3602.9 |
| 1988 | 13902.1 | 10599.5 | 3302.6 |
| 1989 | 14117.3 | 10463.6 | 3648.7 |
| 1990 | 16860.3 | 13100.0 | 4102.5 |

"IV.- ANALISIS (METODOS ANALITICOS)"

Si la tierra es improductiva y se va a intentar un sistema de mejoramiento, el método más seguro para alcanzar este objetivo, es determinar la causa de su esterilidad, la que, de manera inevitable, tiene que depender de un defecto en la constitución del suelo, dicho defecto puede descubrirse con facilidad mediante el análisis químico.

HUMPHREY DAVY, Químico Inglés (1813).

En este capítulo se plantean un conjunto de metodologías analíticas, mediante las cuales se podrán evaluar las características químicas de mayor importancia, de los suelos en donde se pretende cultivar o ya se siembra maíz (98,24,58, - 102).

1) TOMA Y PREPARACION DE LAS MUESTRAS DE SUELO: El resultado de un análisis, por mucho cuidado que se tenga al realizarlo y muy costosos que sean los aparatos empleados, no serán de gran utilidad, si se practicaron sobre muestras que no son representativas del material que queremos analizar (2,18,29).

Este axioma fundamental en análisis químico, cobra una gran importancia en el caso de análisis de suelos (26,30,2).

En los terrenos para cultivo de maíz, se recomienda muestrear hasta los 60 cm; es decir de 0 a 30 y de 30 a 60 cm. La mejor época para hacerlo es inmediatamente después de la cosecha, ya que bajo dichas condiciones, se podrán localizar con mayor facilidad y precisión, las áreas donde el cultivo se desarrolló mal.

El número de muestras, será función de la superficie del terreno, ya que entre más grande sea, mayor será el número de submuestras requeridas para formar una muestra compuesta. En general se sugiere obtener de 10 a 25 muestras simples — (submuestras), por cada 2 a 10 hectareas respectivamente, — para que al mezclarlas se tenga una muestra compuesta o llamada también muestra representativa (51,50,37,35,18,30).

1.1) Material y equipo:

Pala recta: Para muestrear los primeros 30 cm; debe — limpiarse cada vez que se vaya a introducir.

Barrena: Para muestrear a profundidades mayores de — 30 cm.

Cinta metrica (flexometro).

Bolsas de polietileno de 22 cm x 32 cm.

Etiquetas de colgar u hojas de cuaderno: Cortadas en — cuadros rectangulares de 5 cm de ancho por 8 cm de largo. En dichas eticuetas y por duplicado anotar los siguientes datos.

Nombre de la persona que muestreo.

Profundidad muestrada.

Nombre del lugar muestreado.

Número de muestra.

Fecha de muestreo:

Ligas delgadas: Para amarrar las bolsas.

1.2) Técnica Operatoria:

1.2.1) Haga un croquis del terreno, para dividirlo en -- parcelas de composición homogénea. Para ello, se observa el aspecto general del terreno, su pendiente, color, tipo de -- vegetación, su resistencia al laboreo, productividad, etc., separando con líneas continuas los diferentes lotes en que -- se dividió dicha superficie (Figura No. 12).

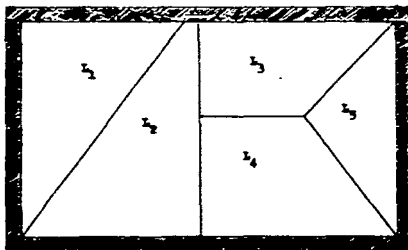


FIGURA No. 12 - CROQUIS DEL TERRENO -

1.2.2) Una vez dividido el terreno en lotes homogéneos, -- se procede a muestrear en zig-zag; para que sean tomados todos los gradientes de fertilidad y estén representados en la muestra compuesta o representativa, formada por el volumen -- de tierra obtenido de los 10 a 25 sitios muestreados por -- parcela. De esta forma tendremos dos muestras compuesta por lote: una de 0 - 30 cm y la segunda de 30 - 60 cm. (Figura -- No. 13).

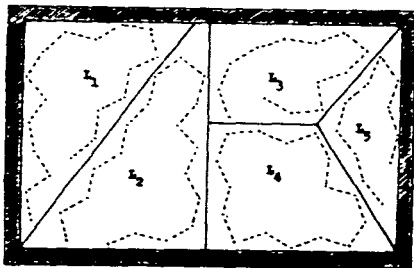


FIGURA No. 13 - MUESTREO EN ZIG-ZAG -

1.2.3) En cada uno de los sitios (hoyos) que va a muestrear, limpie bien la superficie para evitar que esta lleve hojas, rastro, rastrojo, estiércol, etc.

No muestrear en lugares donde haya restos de construcción, basureros, canales, lugares cercanos a bordos, corrales, los lugares cercanos a caminos y casas.

1.2.4) Cuando ya se han muestreado los 10 o 25 sitios, tendremos dos conjuntos de submuestras, las extraídas a 0 - 30 cm y las de 30 - 60 cm. En este momento, disponga los volúmenes de 0 - 30 cm en una cubeta amplia, perfectamente limpia y libre de contaminantes, mezcle uniformemente las submuestras y realice la misma operación para las obtenidas a la profundidad de 30 - 60 cm en otra cubeta.

1.2.5) Se toman aproximadamente 2 Kg de suelo por cada —

muestra compuesta, y se colocan en una bolsa de plástico doble para transtortarlas al laboratorio; cada una deberá llevar sus etiquetas y datos correspondientes.

1.2.6) Es importante que el interesado en los análisis -- llene un cuestionario como el que se presenta en este trabajo o alguno similar, para conocer con más detalle el suelo.

| CONTROL DE LAS MUESTRAS RECIBIDAS EN EL LABORATORIO DE SUELOS | |
|--|-----------------------|
| Coordenadas del momento de envío | No. de orden |
| 1. Fecha | Nombre del interesado |
| 2. Dirección postal | |
| 3. Institución o programa | |
| 4. Localización del suelo | Municipio |
| 5. Cu etapa | No. De parcela |
| 6. Número de lotes | Número de muestras |
| 7. Profundidades muestreadas | |
| 8. Cultivos que ha tenido el terreno en los 3 años anteriores: | |
| 1o. año | 2o. año |
| 3er. año | |
| 9. Datos de fertilización aplicada, ha | |
| Espec. de aplicación | cómo se aplicó |
| 10. Datos de aplicación, especie, cantidad de abono o alguna otra materia orgánica | |
| Espec. de aplicación | cómo se aplicó |
| 11. Curvas y variedad que va a sembrar | |
| 12. Fecha aproximada de siembra | |
| 13. Observaciones del suelo en terreno (topografía, prácticas agrícolas, plagas y enfermedades de los cultivos anteriores, etc.) | |
| Fecha de sujeción | Fecha del laboratorio |

1.3) Procesamiento: Las muestras al llegar al laboratorio, se procesan de la siguiente manera:

1.3.1) Secado: El suelo se debe secar sobre papel o cartoncillo de color blanco (no use papel periodico), a temperatura ambiente, durante un minimo de 24 horas. Se deberá remover frecuentemente y uniformemente con una espatula.

1.3.2) Molienda: Al suelo una vez seco, se le eliminan piedras, raices y demás material orgánico visible, se desmoronan los terrones y se muele el suelo con rodillo o mazo de madera, sobre papel o carton limpio.

1.3.3) Tamizado: Agronómicamente solo tienen verdadero interes las partículas cuyo diametro promedio inferior, es de 2 mm, en cuya superficie se verifica casi la totalidad de las reacciones del suelo, por esta razon la muestra se pasa a travez de un tamiz de malla No. 20.

El suelo se coloca sobre la malla y se remueve en forma circular sin presionar la malla.

1.3.4) Almacenamiento: Las muestras de suelo se depositan en bolsas de plástico o frascos, debidamente identificadas. A partir de esta fase se inicia el análisis químico (10,51,-50,43,35,26,18,2,37).

2).TEXTURA: " POR EL METODO DEL HIDROMETRO BOUYOUOS.-"

(1,52,30,53,24,29,16,105,46)

Los análisis para la determinación del tamaño de las partículas, se refieren a la cuantificación del contenido de arena, limo y arcilla. Existen diferentes metodologías para realizar esta determinación: sin embargo, para fines prácticos, se recomienda el método del "Hidrómetro de Bouyoucos", que aunque es menos preciso, tiene la ventaja de ser más rápido y necesitar menor cantidad de equipo.

La relación entre el tiempo de sedimentación y el diámetro de las partículas que forman el suelo, al considerarlas esferas perfectas, puede expresarse cuantitativamente por la ley de Stokes, cuya fórmula es:

$$v = \frac{d^2(D_p - D_l)g}{18Z}$$

Donde: V = velocidad de caída de las partículas (cm/s).

d = diámetro de las partículas (cm).

D_p = Densidad de las partículas (g/cm^3).

D_l = Densidad del agua (g/cm^3).

g = aceleración de la gravedad (cm/s^2).

Z = Viscosidad absoluta del agua (Poises = $g/cm.s$).

La velocidad de sedimentación de las partículas de diferentes diámetros, aumenta con el radio o diámetro, lo mismo con el peso específico, y disminuye cuando aumenta la viscosidad.

Para cuantificar con mayor precisión la fracción mineral del suelo, se le destruye primero la materia orgánica y posteriormente se adiciona alguna sustancia dispersante.

2.1) Material y equipo:

Baño María.

Batidora con vaso de metal.

Hidrómetro de escala 0 - 60 g/l.

Probeta Bouyoucos o de 1000 ml (por muestra).

Agitador mecánico.

Piseta con agua destilada.

Cronómetro o reloj con segundos.

Vaso de precipitados de 250 ml.

Balanza granataria.

Agitador de vidrio.

2.2) Reactivos:

Peróxido de hidrógeno al 30%.

Solución saturada de oxalato de sodio: Pesar 30 g de esta sal, disolver en agua destilada y aforar a un litro.

Solución saturada de metasilicato de sodio: Pesar 50 g de este compuesto, disolverlos en agua destilada y aforar a un litro. Ajustar la solución a una lectura de 36 con el hidrómetro.

Acido acético glacial.

Alcohol amílico.2.3) Técnica Operatoria:2.3.1) Preparación de la muestra.

Si el suelo es rico en óxidos de manganeso, debe ser tratado con 1g de bisulfito de sodio para reducirlos.

Si el suelo contiene carbonatos en abundancia, se recomienda oxidar la materia orgánica con hipobromito de sodio en lugar de agua oxigenada.

2.3.2) Destrucción de la materia orgánica.

Pesar 60 g de suelo seco y coloquelos en un vaso precipitado de 500 ml alto.

Agregue 1 ml de ácido acético glacial, y agite con el agitador de vidrio; precaución.

Agregue primero 5 ml de peróxido de hidrógeno, y agite cuidadosamente dentro del baño María, hasta que disminuya la reacción.

Si la reacción es violenta agregue un poco de agua destilada fría o meta el vaso dentro de un recipiente con agua fría.

Agregue tres porciones más de cinco ml cada una de peróxido de hidrógeno, hasta completar 20 ml.

Deje la mezcla en baño María hasta sequedad para que se termine la digestión de la materia orgánica. Añadir otros 20 ml de peróxido y observa la reacción. Evaporar nuevamente hasta sequedad. Repetir el tratamiento hasta que no haya

efervescencia al añadir el peróxido.

2.3.3) Dispersión de las partículas del suelo.

Pesar 50 g del suelo tratado con peróxido de hidrógeno y pesarlos al vaso metálico de la batidora.

Agregar 5 ml de la solución de oxalato de sodio y 5 ml de la solución de metasilicato de sodio, adicionar agua - destilada hasta la segunda marca del vaso y batir por 15 - minutos.

Vaciar la mezcla a una probeta Bouyoucos o a una - probeta de un litro, con ayuda de una piseta y aforar a un - litro con agua destilada.

Agitar manualmente de forma vertical durante un mi- nuto, dejar de agitar y meter con cuidado el hidrómetro, - tomar el tiempo desde que se deja de agitar.

Tomar la primera lectura (L_1) a los 40 s.

Nota: Si al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, debido a una deficiente eliminación de la - materia orgánica, se le agrega alcohol amílico como anti- espumante.

Tomar la segunda lectura (L_2) a las 2 horas.

2.4) Cálculos:

la Lectura (L_1) 20 s
 g muestra

X 100 = % de limos más arcillas

$$\frac{\text{-2a Lectura (L}_2\text{) 2 h}}{\text{g muestra}} \times 100 = \% \text{ de arcillas}$$

$$\% \text{ de arenas} = 100 - (\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas})$$

Con estos porcentajes de arena, limos y arcillas, haga uso del triangulo de textura, para determinar la clase textural del suelo problema.

3) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (26, 2, 24, 39, 43, 51, 70, 90, 94, 98).

Si un líquido llena un cubo de 1 cm por lado, la conductividad entre dos caras opuestas, es la conductividad específica, la cuál se incrementa de acuerdo a la concentración de los iones en el líquido y varía también con la naturaleza de estos iones. Esta determinación se realiza al aplicar un voltaje de alta frecuencia alterna a dos electrodos colocados a una distancia fija y teniendo una muestra de líquido entre ellos.

Los electrodos pueden ser de platino, o de platino recubierto con negro de platino, o de grafito; estos se encuentran sellados dentro de un tubo de plástico o vidrio (celda), el cuál puede ser sumergido en el líquido o utilizarse como una pipeta. La resistencia a través de los electrodos es registrada por el medidor de conductividad (conductímetro), el cuál normalmente está calibrado en micromhos. El valor de la conductividad eléctrica obtenido es ajustado a una temperatura estándar de 25°C, y usualmente se reporta en milimhos por cm.

Para resultados más satisfactorios en esta determinación, se recomienda revisar periódicamente la constante de celda (K). Esto se lleva a cabo midiendo la conductividad eléctrica de una solución estándar de un electrolito como KCl.

Evaluar la conductividad de un suelo, implica fundamentalmente dos fases; la preparación del extracto y la medición de la conductividad de la solución problema.

3.1) Material y equipo:

Puente de Wheatstone para corriente alterna: Apropiado para medidas de conductividad.

Celda de conductividad: Tipo pipeta con electrodos de platino platinizados. La constante de esta celda deberá ser aproximadamente 1.0 cm^{-1} . Si se sospecha que la muestra de suelo tiene una alta concentración de sales, se recomienda emplear una celdilla del mismo tipo, pero con una constante de celda de 10.0 cm^{-1} .

Balanza analítica.

Bomba de vacío.

Espátula de acero inoxidable.

Soporte universal.

Pinzas para bureta.

Bureta.

Vaso de precipitados de 1000 ml.

Ficeta.

3.2) Reactivos:

Solución de hexametáfosfato de sodio ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{40}$) al 1%:
Disolver 0.1 g en agua destilada y aforar a 100 ml.

Solución de cloruro de potasio (KCl) 0.01 N: Disuelva 0.7456 g de KCl en agua destilada y afora a un litro. Esta es la solución tipo o de referencia. A 25°C esta tiene una conductividad eléctrica de 0.0014118 mho/cm .

3.3) Técnica operatoria:

3.3.1) Preparación del extracto.

Pesar de 250 a 500 g de suelo secado (no en estufa), depositelos en el vaso de precipitados de 1000 ml.

Añada agua destilada desde la bureta, y agite con la espátula hasta formar una pasta que brille y resbale de las paredes del recipiente así como de la espátula, golpeando frecuentemente el vaso contra la mesa para asentar. Es importante conocer tanto la cantidad de agua como de suelo que se mezclan.

Deje reposar por al menos 4 horas.

Al término de las cuatro horas de reposo, pase la pasta a un embudo Buchner, en el que previamente se ha colocado un disco de papel filtro de alta retención (Whatman No. 42).

Apliquese vacío y reciba este extracto en un recipiente adecuado.

Agreguese una gota de hexametáfosfato de sodio por cada 25 ml de extracto, con el fin de evitar que el calcio precipite como CaCO_3 .

3.3.2) Medición de la conductividad.

Mantengase la solución tipo y los extractos de saturación en un rango de temperatura entre 20°C y 25°C.

Enjuague la celda de conductividad con la solución de referencia y lease en el puente de conductividad la resistencia estándar (R_{std}) en Ohms.

Enjuaguese la celdilla con el extracto de saturación.

3.4) Cálculos:

Llene la celdilla de conductividad con el extracto de saturación y leese la resistencia (R_{ext}) en Ohms.

Calcúlese la conductividad eléctrica del extracto en $\mu\text{mhos/cm}$ a 25°C mediante la ecuación siguiente:

$$\text{C.E. } \mu\text{mhos/cm a } 25^\circ\text{C} = \frac{0.0014118 \times R_{std}}{R_{ext}} \times 100$$

Reportense los valores de conductividad menores de 1 $\mu\text{mho/cm}$ con dos cifras decimales, y los valores mayores de 1 con tres cifras decimales.

4) DETERMINACION POTENCIOMETRICA DEL pH : "RELACION SUELO --
AGUA 1:2" (80,89,51,24,2,39,26,29,106,107,94,70,75,62).

El pH o reacción del suelo es la propiedad más comunmente medida, y se utiliza para identificar su grado de acidez, -- neutralidad o alcalinidad.

Los valores de pH dependen de las características del -- suelo, la concentración de dióxido de carbono disuelto y el contenido de humedad al cual se realiza la medición. El pH -- del suelo, está influenciado por la composición y naturaleza de los cationes intercambiables, la composición y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso o carbonatos de metales alcalinoterreos.

Los métodos para determinar el pH en suelos, pueden divi- -- dirse en colorimétricos y electrométricos. Los procedimien- -- tos colorimétricos hacen uso de indicadores, generalmente -- colorantes orgánicos de tipo ácido o básico, que cambian su estructura y coloración con la actividad de los iones (H^+).

El método electrométrico, es el más utilizado en los la- -- boratorios de suelos. En esta técnica, se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones hidrógeno (electrodo -- de vidrio) presentes en una solución problema, usando como -- referencia un electrodo cuyo potencial no se modifica cuan- -- do cambia la concentración de los iones a medir, siendo ge- -- neralmente un electrodo de calomel saturado, que también -- sirve como puente salino al formar una unión líquida entre el KCl saturado y la solución problema.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

4.1) Material y equipo:

Aparato medidor de pH (Potenciómetro).

Electrodo de vidrio (Indicador o de medida).

Electrodo de calomel (Referencia) y puente salino.

Tasos de precipitados de 50 ml.

Varillas cortas de vidrio (Agitadores).

Pipeta de 250 ml.

4.2) Reactivos:

Biftalato de potasio ($\text{KHC}_2\text{H}_3\text{O}_4$) 0.05 M: Secar el ftalato ácido de potasio durante 2 horas a 110°C , disolver 10.21 g de la sal en agua destilada y aforar a un litro. Como conservador agregar 1 ml de cloroformo a un cristal (de aproximadamente 10 mm de diámetro) de timol por litro de solución amortiguadora. Esta solución tampón tiene un pH de 4 a temperatura comprendidas entre 15° y 30°C .

Solución amortiguadora de fosfatos (KH_2PO_4) 0.025 M y $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$ 0.025 M: Secar las dos sales de fósforo por 2 horas a 110°C ; disolver 3.44 g de KH_2PO_4 y 3.55 g de Na_2HPO_4 en agua destilada y aforar a un litro. Agregar la misma cantidad y tipo de conservador que el usado con la solución de biftalato. Esta solución tampón tiene un pH de 6.90 a 15°C , 6.86 a 25°C y 6.85 a 30°C .

Solución saturada de cloruro de potasio (KCl): Disuelva 40 g de esta sal en 100 ml de agua destilada; esta solución saturada es para el puente salino.

4.3) Técnica Operativa:

4.3.1) Ajuste del potenciómetro.

Se conecta el potenciómetro a la fuente de alimentación de corriente eléctrica que le corresponda, según sus características.

Se ajusta eléctricamente siguiendo las instrucciones del fabricante.

Se conectan al potenciómetro un electrodo de vidrio y uno de celomel (en algunos pH-metros los electrodos se encuentran situados en un único tubo por lo que se conectan simultáneamente).

Se limpian los electrodos con agua destilada y se secan cuidadosamente con papel filtro suave.

En un vaso de precipitados de 50 ml, se vierten 20 ml de solución tampón de biftalato de potasio ($\text{pH}=4$), y se introducen los electrodos en ella; se ajusta el aparato según las instrucciones del fabricante, haga la lectura, apague el aparato, saque los electrodos, lávelos con agua destilada y séquelos.

En otro vaso de precipitados de 50 ml, depositar 20 ml de la solución tampón de fosfatos e introduzca los electrodos; ajuste el potenciómetro según las instrucciones. Pasar la conexión del aparato a la posición de reposo, se sacan los electrodos de la solución tampón, se lavan con agua destilada y se secan cuidadosamente con papel filtro suave.

4.3.2) Determinación del pH en agua (Relación 1:2).

Coloque 10 g de suelo en un vaso de precipitados de 50 ml.

Agregue 20 ml de agua destilada.

Agítese la suspensión varias veces durante 30 minutos.

Deje reposar por otros 30 minutos.

Hágase la lectura correspondiente del problema, agitando vigorosamente la suspensión antes de introducir los electrodos en la misma.

4.4) Cálculos:

Anote el resultado en unidades de pH.

5) CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: "ACETATO DE AMONIO

1.0 N p_H = 7" (76, 80, 2, 51, 24, 26, 47, 48, 61, 83, 76).

El intercambio catiónico de los suelos es un proceso químico reversible. Los cationes adsorbidos en la superficie de los coloides inorgánicos y orgánicos (arcilla y humus) y --- dentro de la red cristalina, pueden ser reemplazados rever--- siblemente por aquellos de las soluciones salinas y ácidas.

La literatura reseña una gran cantidad de métodos para --- evaluar esta propiedad, sin embargo en este trabajo se des--- cribe el procedimiento más atalizado y que mejores resulta--- dos practicos proporciona.

En general, el procedimiento analítico comprende cuatro --- etapas fundamentales:

Desplazar el total de los cationes adsorbidos al complejo de intercambio, con un exceso de alguna solución que contenga un catión con características específicas.

Lavar el exceso de catión desplazante, con un compuesto --- no polar (alcohol etílico o isopropílico).

Sustitución del catión que queda adsorbido al complejo de intercambio, con otro catión.

Valorar el catión empleando como desplazante.

Para algunos suelos que presentan caracteres especiales --- se recomiendan diversos tratamientos previos al análisis.

5.1) Material y equipo:

Tubos de percolación.

Matraces Erlenmeyer de 250 y 500 ml.

Bureta de 50 ml.

Vasos de precipitados de 250 y 500 ml.

Soporte universal.

Lana de vidrio.

Matraz aforado de 1000 ml.

Matraz aforado de 500 ml.

Arena de río (lavada con HNO_3 o HCl y agua destilada.

Aparato de destilación micro-Kjeldhal.

5.2) Reactivos:

Solución extractora de acetato de amonio -----

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ } 1.0 N (pH = 7): Mezclar 70 ml de NH_4OH , de peso específico 0.90, con 58 ml de CH_3COOH al 99.5%. Se deja enfriar y se ajusta exactamente a pH = 7 por adición de NH_4OH o CH_3COOH según se requiera. Aforar a un litro con agua destilada.

Indicador verde de bromocresol y rojo de metilo: Triturar 0.1 g de verde de bromocresol, disolverlos con 2 ml de NaOH 0.1 N en mortero de ágata, depositar esta mezcla en un matraz aforado de 100 ml y añadir alcohol etílico hasta la marca.

Triturar 0.1 g de rojo de metilo con una pequeña cantidad de alcohol etílico, en mortero de ágata. Adicione 3 ml de NaOH 0.1 N, transfiera esta mezcla a un matraz volu-

trico de 100 ml y afore con alcohol etílico al 95%. Mezclar 75 ml de la solución de verde de bromocresol con 25 ml de la solución de rojo de metilo y diluir la mezcla a 200 ml con alcohol etílico.

Alcohol etílico al 95%.

Solución 1.0 N de KCl: 74.5 g de cloruro de potasio secado previamente a la estufa a 110 ° durante 2 hrs, disolverlos en agua destilada y aforar a un litro.

Solución de HCl 0.01 N.

Acido bórico al 4%.

Hidróxido de sodio al 40%.

5.3) Técnica Operativa:

5.3.1) Desplazamiento del total de los cationes adsorbidos.

Pesar en un vaso de precipitado 10 g de suelo secado al aire, mezclarlos con 10 g de arena de río previamente lavada con HNO_3 y agua destilada.

Colocar la mezcla suelo-arena en un tubo de percolación preparado con lana de vidrio como soporte del suelo y colocar por último en la parte superior del suelo 10 g de la misma arena.

Se percola el suelo con adiciones sucesivas de acetato de amonio 1.0 N hasta haber agregado 250 ml.

Recoger y guardar el percolado de este paso para evaluar calcio y magnesio.

5.3.2) Lavado del exceso de catión desplazante.

El exceso de iones amonio (NH_4^+), es eliminado al lavar con 400 ml de etanol al 95%, que se añade en fracciones sucesivas de 30 ml. El filtrado de esta fase se desecha.

5.3.3) Desplazamiento del catión específico.

El suelo saturado de (NH_4^+), es tratado después con 500 ml de KCl 1.0 N, a fin de desolazar en su totalidad a los iones amonio adsorbidos. El percolado se recoge en un matraz volumétrico de 500 ml.

La solución o percolado del paso anterior se afora con KCl 1.0 N a 500 ml.

5.3.4) Valoración del catión (NH_4^+). Se determina el ion amonio del percolado por destilación para lo cual se emplea una alícuota de 10 ml.

Colocar de 5 a 10 ml de ácido bórico al 4% en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, agregar 10 gotas de la mezcla de indicadores e instalarlo en la salida del tubo de enfriamiento (condensador).

Depositar 10 ml del último percolado o esa, la alícuota indicada con anterioridad, en el matraz de destilación Kjeldhal.

Agregar 2 ml de NaOH al 40%.

Destilar aproximadamente 50 ml.

Titular el destilado con HCl 0.01 N hasta el viraje de rojo a verde nuevamente, anotar el volumen de HCl 0.01 N

empleado como titulante.

5.4) Cálculos:

$$\text{C.I.C. (m.e./100g)} = \text{ml HCl} \times \text{N HCl} \times \frac{500}{\text{alícuota}} \times \frac{100}{\text{peso del suelo}}$$

6) DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA: "Walkley-Black;

Combustión Humeda" (51,26,91,90,2,15,43,65,74).

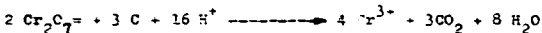
El contenido de materia orgánica (m.o.), es objeto de una determinación rutinaria en todos los laboratorios de suelos. La importancia de este parametro está dada por su influencia directa e indirecta sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Entre los diversos métodos reseñados por la literatura -- para evaluarla, se sugiere por su comodidad, exactitud y reproducibilidad el descrito por Walkley y Black.

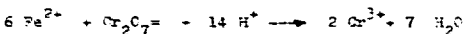
Al tratar una muestra de suelo con dicromato de potasio -- en exceso, este reacciona parcialmente con la materia orgánica (oxidación), y lo que queda sin reaccionar se titula -- con una sustancia reductora, en este caso el sulfato ferromónico, empleando difenilamina como indicador de oxido reducción.

Las reacciones que se llevan a cabo durante el proceso -- son:

Los iones $\text{Cr}_2\text{C}_7=$ reaccionan con el carbono en la siguiente forma:



El ión ferroso reacciona con el exceso de dicromato como sigue:



6.1) Material y equipo:

Matraces Erlenmeyer de 500 ml.

Placas de asbesto: De tamaño suficiente para colocar sobre ellas los matraces de reacción.

Matraz aforado de 1000 ml.

Vasos de precipitados de 250 ml.

Bureta de 50 ml.

Pipeta volumétrica de 1, 5, 10 y 15 ml.

6.2) Reactivos:

Acido fosfórico (H_3PO_4) al 85%.

Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) al 96%.

Solución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N: Disolver en agua destilada 49.04 g de $K_2Cr_2O_7$ R.A., secado en estufa a 150 C y aforar a un litro.

Indicador difenilamina (C_6H_5)₂NH: Disuelva 0.5 g de este compuesto en 20 ml de agua destilada y 100 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Solución de sulfato ferro-amónico ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) 0.5 N: Disuelva 196.1 g de esta sal en 300 ml de agua destilada que contenga 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y aforar a un litro. El ión ferroso en esta solución se oxida lentamente cuando se expone al aire, por lo que deberá valorarse antes de usarse, con la solución de dicromato de potasio.

Valoración del sulfato ferro-amónico. Lleve una alícuota

de 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1.0 N a un matraz Erlenmeyer de 500 ml, agregar 200 ml de agua destilada, 5 ml de H_3PO_4 al 85%, 20 ml de H_2SO_4 al 96%, 5 gotas de indicador difenilamina y titular, con la solución de sulfato ferro-amónico desde una bureta, la normalidad se calcula utilizando la ecuación.

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$N_2 = \frac{N_1 V_1}{V_2}$$

Donde N_1 = Normalidad del dicromato de potasio.

V_1 = Volumen de dicromato de potasio (10 ml).

N_2 = Normalidad de la solución de sulfato ferro-amónico.

V_2 = Volumen de sulfato ferro-amónico gastado en la titulación.

6.3) Técnica operatoria:

6.3.1) Oxidación de la materia orgánica.

Pesar exactamente 0.5 g de la muestra de suelo y depositarlos en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, si se estima que el suelo tiene un alto porcentaje de materia orgánica entonces tomar 0.25 g.

Adiciones 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1.0 N y a.ite cuidadosamente sin que manche las paredes del matraz para que entre en contacto con todo el suelo.

Agregue rápidamente 20 ml de H_2SO_4 al 96% directamente sobre la suspensión, agitando durante un minuto.

Dejese reposar y enfriar durante 20 a 30 minutos, sobre la placa de asbesto.

6.3.2) Valoración del exceso de dicromato de potasio.

Diluya la suspensión con 200 ml de agua destilada.

Añada 5 ml de H_3PO_4 al 85% y 15 gotas del indicador difenilamina.

Titulese con la solución ferro-amónica. Cuando se — aproxima el punto final de la titulación, la solución toma — un color azulado. En este momento disminuir la velocidad de las gotas y parar cuando el color se torne verde bandera.

Nota: Correr un testigo, de la misma forma pero sin suelo para eliminar el efecto de las impurezas.

6.4) Cálculos:

$$m e C ox/g = \frac{(B - T)}{g} \times N$$

Donde:

$m e C ox/g$ = Miliequivalentes de carbono oxidado por gramo de suelo seco.

B = Volumen de sulfato ferro-amónico 0.5 N gastados en la titulación del blanco.

T = Mililitros de sulfato ferro-amónico 0.5 N — gastados en la titulación de la muestra.

N = Normalidad exacta del sulfato ferro-amónico.

Por lo tanto:

$$\% C = (m e C ox/g) 0.39$$

$$\% m. o. = (\% C) 1.72$$

7) DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL INCLUYENDO NITRATOS:

"Kjeldhal modificado" (26,65,51,35,70,74,102).

El nitrógeno es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Este macronutriente se encuentra en el suelo básicamente en forma orgánica e inorgánica. Las orgánicas se presentan en mayor proporción y provienen de: residuos de la cosecha, abono verdes, estiercol etc. Las de origen inorgánico se presentan en cantidades relativamente pequeñas, comprendiendo compuestos de amonio y nitratos, siendo estos últimos las formas aprovechables por los cultivos.

El método Kjeldhal modificado para determinar nitrógeno total (orgánico más amónico) incluyendo a los nitratos (ácido salicílico); consiste en la digestión y oxidación de la muestra en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) en presencia de sales, catalizadores y calor que facilitan la digestión. Una vez que el nitrógeno se ha transformado en sulfato de amonio, se alcaliniza el digestado con hidróxido de sodio (NaOH), para transformarlo a amoníaco (NH_3) y destilarlo. El amoníaco que se desprende al destilar se recoge en ácido bórico y se titula con ácido clorhídrico (HCl) de normalidad conocida.

7.1) Material y equipo:

Balanza analítica.

Vatracas Kjeldhal de 500 ml.

Probetas de 20, 50, 100 y 250 ml.

Tren de digestión y destilación.

Vasos de precipitados de 100 y 400 ml.

Matraces Erlenmeyer de 250 ml.

Soporte universal.

Pinsas para bureta.

Bureta de 10 ml.

Gotero.

7.2) Reactivos:

Mezcla catalizadora: Pesar 1 kg de Na_2SO_4 anhidro, 320 g de CuSO_4 anhidro y 50 g de selenio. Mezclar perfectamente y con cuidado ya que el selenio es volátil y tóxico (usar mascarilla).

Papel filtro Whatman No. 41.

Acido salicílico: Grado reactivo (polvo).

Acido bórico (H_3BO_3) al 4%: Disolver 160 g en 1000 ml — de agua destilada caliente en un vaso de precipitados de — 2000 ml, dejar enfriar y llevar a un volumen de 5 litros.

Granalla de zinc de 20 mallas.

Indicador: Disolver 1.0 g de verde de bromocresol y 0.2 g de rojo de metilo en 100 ml de alcohol etílico al 95%. Ajustar el pH a 5 con NaOH ó HCl diluidos, adquiriendo la solución un color azul-verdoso.

Hidróxido de sodio (NaOH) al 40%: Disuelva 3.2 Kg en —

8 litros de agua destilada, agitando vigorosamente hasta -- completar la disolución y dejar enfriar.

Acido clorhídrico (HCl) 0.1 N y valorado: Medir 25 - ml de HCl concentrado y diluir a tres litros con agua destilada.

Agua destilada-

7.3) Técnica operatoria:

7.3.1) Oxidación y digestión.

Pesar 5 g de suelo en un círculo de papel filtro -- Whatman No. 41, transfíralos a un matraz Kjeldhal de 500 - ml; corrase un blanco.

Añada 10 g de mezcla catalizadora, un gramo de ácido salicílico y 20 ml de H_2SO_4 concentrado. Agite suavemente y deje reposar para que los nitratos (NO_3) reaccionen con el ácido salicílico.

Coloque el matraz con la mezcla en el tren de digestión, conecte el extractor de buxos y encienda los mecheros. Al principio aplique calor moderado, de lo contrario la --- reacción será violenta, se formara abundante espuma y si se derrama se perderá la muestra. Digiera hasta que el conjunto se clasifique, adquiriendo un color blanco verdoso.

Terminada la digestión, apague los mecheros, lleve - el matraz Kjeldhal a la cámara extractora, previamente tapado con un vaso de precipitado y déjelo enfriar.

7.3.2) Destilación.

En un matraz Erlenmeyer de 250 ml, deposite 50 ml de ácido bórico al 4% y cinco gotas de la mezcla indicadora, -- donde se recibirá el destilado. Para evitar fugas de NH_3 , -- colocar un tubo colector de vidrio dentro del matraz y co-- nectarlo al tubo de metal del destilador, de tal forma que -- el tubo de vidrio este abajo del nivel de la solución de á-- cido bórico. Abra la llave del agua fría que alimenta a los condensadores.

Al matraz Kjeldhal ya frío añada 200 ml de agua destilada y mezcle vigorosamente hasta disolución completa.

Colocar el matraz Kjeldhal en el tren de destilación y sosteniéndolo inclinado (45°) añada 100 ml de NaOH al 40%; haciéndolos escurrir lentamente a través del cuello, adi-- ciona aproximadamente cinco granallas de zinc e inmedia-- mente conectelo al destilador.

Cerciórese que todas las conexiones cierren hermá-- ticamente, agite el matraz en círculo para mezclar su conte-- nido y prenda los mecheros.

Destile durante aproximadamente 30 minutos, hasta -- obtener más o menos 200 ml. El calentamiento deberá ser ini-- cialmente moderado e incrementarlo gradualmente.

7.3.31 Titulación.

Retire el matraz del destilado, del extremo de sali-- da del destilador y enjuague con agua destilada, enseguida apague los mecheros. Nunca ejecute la operación inversa.

Titular el destilado con HCl 0.1 N, siendo el vir - de color azul a rosado ligeramente obscuro. Primero titule - el blanco y utilicelo como patrón de comparación.

7.4) Cálculos:

$$\% \text{ N} = \frac{\text{ml HCl (muestra - blanco)} \times \text{N HCl} \times \text{Pec} \times \text{N} \times 100}{\text{g de suelo} \times 1000}$$

3) DETERMINACION DE FOSFORO APROVECHABLE:

" Bray y Kurtz " (14, 92, 44, 2, 17, 26, 39, 51, 64, 90, 94).

El fósforo presenta una gran capacidad para formar compuestos poco solubles con cationes divalentes y trivalentes; por ello la cantidad de este elemento en la solución del suelo es baja, y en consecuencia habrá una menor disponibilidad de sus formas aprovechables por el cultivo.

En este trabajo se describe el método propuesto por Bray y Kurtz. Esta técnica ha sido ampliamente usada como un índice de fósforo disponible en suelos. La mezcla de HCl y NH_4F , tiene como objetivo extraer las formas de fósforo fácilmente solubles en medio ácido (fosfatos de calcio y una parte de los aluminios y fierro). El NH_4F , disuelve los fosfatos de aluminio y fierro al formar complejos con estos iones metálicos en solución ácido. El fósforo extractado se determinará coloriméricamente, midiendo el color desarrollado por el complejo "amilo molibdeno", obtenido al reducir el complejo fosfomolibdico en medio ácido por un agente reductor, en este caso ácido ascórbico.

3.1) Material y equipo:

Balanza analítica.

Matraces Erlenmeyer de 50 y 125 ml.

Agitador mecánico 180 rpm.

Embudos y vasos de precipitados.

Probeta de 25 ml.

Pipetas volumétricas de 5, 10 y 20 ml.

Fotocolorímetro (932 mμ).

Papel filtro Whatman No. 42.

3.2) Reactivos:

Fluoruro de amonio (NH_4F) 1.0 N: Disuelva 17 g de NH_4F en agua destilada y diluya a un litro. Guarde esta solución en botella de polietileno.

Acido clorhídrico (HCl) 0.5 N: Diluya 20.2 ml de HCl - concentrado en agua destilada y afora 500 ml.

Solución extractora Bray y Kurtz: En un matraz volu-
trico ponga 10 ml de NH_4F 1.0 N, adicione 50 ml de la solu-
ción de HCl 0.5 N y afora a 1000 ml con agua destilada. Esto
da una solución de NH_4F 0.03 N y de HCl 0.025 N. Guárdese en
envase de polietileno.

Acido sulfúrico (H_2SO_4) 14.0 N.

Solución de molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$): -
Pese 20 g de molibdato de amonio, disuélvalos en 300 ml de -
agua destilada, adicione 450 ml de ácido sulfúrico 14.0 N, -
agregue 100 ml de tartrato doble de antimonio y potasio al -
0.5% ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) y aforar a un litro.

Solución reductora: Pesar 0.5 g de ácido ascórbico y -
disuélvalos con 100 ml de la solución de molibdato de amonio.
Prepararlo diariamente.

Solución patrón de fósforo (50 ppm): Pesar exactamente
0.2195 g de KH_2PO_4 , brevemente secalo a 100°C, disolverlos

en 40 ml de solución extractora; llevar esta mezcla a un matraz volumétrico y aforar con solución extractora a 1000 ml. Esta solución contiene 50 ppm de fósforo.

Serie de estándares de fósforo: De la solución patrón de 50 ppm, tome 20 ml y diluyalos en matraz volumétrico a 500 ml con solución extractora. Esta nueva solución contiene 2 ppm de fósforo. A partir de ella prepare una serie de estándares, que contengan 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, y 1.0; tomando alícuotas y colocandolas en matraces de 50 ml (antes de aforar, proseguir igual que para las muestras para desarrollo de color).

8.3) Técnica operatoria:

8.3.1) Extracción.

Pesar 2.5 g de suelo y dispongalos en un matraz Erlenmeyer de 125 ml.

Agregue 25 ml de solución extractora Bray-Kurtz.

Tape el matraz y agite mecánicamente a 180 rpm durante cinco minutos.

Filtre a través de papel Whatman No. 42.

8.3.2) Desarrollo de color:

Con pipeta volumétrica tome una alícuota del extracto (5-20 ml), dependiendo del contenido de fósforo en la muestra de suelo y colóquelos en un matraz aforado de 50 ml, llevar el volumen a 40 ml con solución extractora.

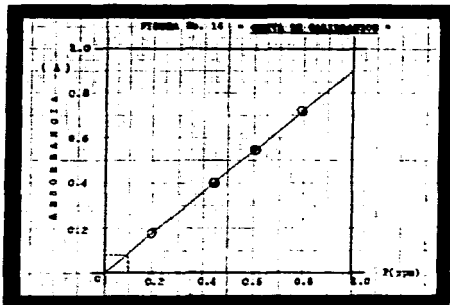
Agregue 5 ml de la solución reductora para desarro-

llo de color y afore con agua destilada. Dejar reposar durante 25 - 30 minutos.

Encender el fotocolorímetro 15 - 20 minutos antes de realizar las lecturas de estandares y muestras.

Leer la absorbancia a una longitud de onda (λ) de 882 m μ (leer primero las soluciones estandar para elaborar la curva de calibración); a continuación lea el problema.

Con los datos de absorbancia obtenidos al leer los estandares, trace una gráfica sobre papel milimétrico como se indica en la figura No. (14) " Curva de calibración ". A partir de esta grafica, calcular la concentración de fósforo en los extractos por interpolación (ppm).



9) DETERMINACION DE POTASIO Y SODIO INTERCAMBIABLES:

"Fotometría de flama" (39, 26, 24, 51, 2, 75, 94, 74, 90).

La fotometría de flama se basa en la emisión de radiación característica para cada elemento y la correlación de la intensidad de la emisión con la concentración de dicho elemento. La muestra en solución, se rocía bajo condiciones controladas dentro de una flama. La radiación de la flama entra a un aparato dispersor, para aislar la región deseada del espectro. Un fototubo y algún tipo de medidor o amplificador electrónico mide la intensidad de la radiación aislada. Una vez calibrado el fotómetro con soluciones de concentración conocida, se puede correlacionar la intensidad de una línea espectral dada, de concentración desconocida, con la cantidad de un elemento presente, que emite la radiación particular.

Todos los fotómetros de flama operan sobre estos principios básicos, aunque difieran ampliamente en su diseño y detalles operacionales. Los aparatos de lectura directa no requieren ningún pretratamiento de la muestra, simplemente su dilución para obtener un rango de concentración adecuado. Otros modelos requieren el uso de un elemento como patrón interno, generalmente se utiliza el litio.

La determinación del K^+ y Na^+ asimilables en un suelo mediante esta técnica implica 2 procesos: la extracción con acetato de amonio 1.0 N (pH = 7), y la cuantificación del contenido de potasio y sodio en el extracto.

Aunque el objetivo principal en este método es conocer el

nivel de potasio por sus características de macromutriente esencial; determinaremos también al sodio por las propiedades que imparte a los suelos cuando se encuentra en exceso -

9.1) Material y equipo:

Potómetro de llama: Con sus accesorios que deberán incluir acetileno, propano o gas natural, manómetros para gas y regulador de voltaje par el circuito eléctrico.

Balanza analítica.

Matraz aforado de 1000 ml.

Matraz Erlenmeyer de 250 ml.

Pipeta volumétrica de 1, 2, 5, 10 y 20 ml.

Vasos de precipitados de 250 ml.

Matraces aforados de 100 ml.

9.2) Reactivos.

Solución extractora de acetato de amonio 1.0 N pH = 7:
 Mezclar en una probeta de 3.0 litros que contenga un litro de agua destilada, 150 ml de NH_4OH de peso específico 0.90 con 115 ml de CH_3COOH al 99.5%. Dejar enfriar y ajustese el pH a 7 con NH_4OH o CH_3COOH según se requiera; completese a un volumen de 2.5 litros con agua destilada.

Solución patrón de potasio de 400 ppm: Pesar 0.7641 g de KCl previamente secado en la estufa a 110 C durante 2 horas, disuelva y afore a un litro con agua destilada.

Solución patrón de sodio de 200 ppm: Pesar 0.5087 g de NaCl secado en igual forma que el KCl, disuélvase y afora a un litro con agua destilada.

Agua destilada.

9.3) Técnica Operatoria:

9.3.1) Extracción.

Pesar 10 g de suelo y depositarlos cuantitativamente en un matraz Erlenmeyer de 250 ml.

Adicione 100 ml de solución extractora de acetato de amonio 1.0 N.

Agitar la suspensión durante 30 minutos, al término de los cuales se deja reposar de 15 a 20 minutos.

Filtrese en eabude de vidrio preparado con papel filtro Whatman No. 42.

El extracto así obtenido contiene a los cationes K^+ y Na^+ a evaluar; divídese esta solución en 2 partes, dejando reposar 20 minutos.

9.3.2) Determinación.

Prepárese una serie de soluciones estándar conteniendo 0, 2, 4, 10, 20, 30 y 40 ppm de potasio y 0, 1, 2, 5, 10, 15 y 20 ppm de sodio, según se indica.

| No | ml de Soln. | | Aforo con Soln. ext. (ml) | Estándares | | Lectura %S |
|----|-----------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| | K ⁺ patrón | Na ⁺ | | Na ⁺ (ppm) | K ⁺ | |
| 1 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | |
| 2 | 0.5 | 0.5 | 100 | 1 | 2 | |
| 3 | 1 | 1 | 100 | 2 | 4 | |
| 4 | 2.5 | 2.5 | 100 | 5 | 10 | |
| 5 | 5 | 5 | 100 | 10 | 20 | |
| 6 | 7.5 | 7.5 | 100 | 15 | 30 | |
| 7 | 10 | 10 | 100 | 20 | 40 | |

Ponga en funcionamiento el fotómetro siguiendo cuidadosamente las instrucciones del aparato, de forma que este listo para lavarlo y ajustarlo.

Llene un vaso de 10 ml con agua destilada y colóquelo en el soporte para muestras del fluorómetro, cierre la puerta y deje que se caliente el agua hasta agotarla, esto es con el fin de lavar el sistema interno del equipo.

Utilizando la escala que corresponda al porcentaje de transmitancia (%T), lo cual equivale al porcentaje de emisión (%S), ajuste a cero con los botones del fluorómetro quemando únicamente solución extractora de acetato de amonio 1.0 N.

Ajuste a 100% de transmitancia con solución estándar ya sea la de 20 o 40 ppm de Na o K.

Una vez ajustado el cero y el 100% de transmitancia leer los diferentes estándares de sodio o potasio, estos --

valores serán los puntos intermedios de la curva de calibración.

Graficar la curva de calibración en papel milimétrico, el % de E en las ordenadas y la concentración (ppm) en las abscisas.

Leer los extractos del suelo, checando el cero y --- puntos intermedios de la curva cada 20 muestras, si las --- lecturas son mayores del 100% de E, se deberán hacer dilu--- ciones. Si las lecturas son muy bajas ajustar a 100% E con un punto de menor concentración de la curva.

Buscar en la curva de calibración, los contenidos en ppm de Na y K correspondiente a las lecturas de la escala, - observadas para el extracto de la muestra de suelo.

9.4) Cálculos:

$$\text{ppm (K) Suelo} = \text{ppm (K) curva} \times \frac{V_f}{\lambda} \times \frac{V_1}{g}$$

$$\text{ppm (Na) Suelo} = \text{ppm (Na) curva} \times \frac{V_f}{\lambda} \times \frac{V_1}{g}$$

Donde:

V_f = Volúmen final aforo (en caso de diluir los extractos).

λ = Alicuota.

V_1 = ml de solución extractora.

g = gramos de suelo.

10.1) Material y equipo.Matraces aforados de 250 y 1000 ml.Matraces Erlenmeyer de 125 ml.Bureta de 10 ml.Pipetas voluémétricas de 5, 10 y 25 ml.Vasos de precipitados de 125 ml.Agitador magnético.10.2) Reactivos:

Solución amortiguadora de cloruro de amonio e hidróxi-
do de amonio: Disolver 68 g de (NH_4Cl) en 570 ml de (NH_4OH)
 concentrado y aforar con agua destilada a un litro.

Hidróxido de sodio (NaOH) 4.0 N: Disolver 40 g de ---
 (NaOH) en agua destilada y aforar a 250 ml.

Solución estándar de cloruro de calcio (CaCl_2) 0.01 N:
 Disuelva 0.500 g de CaCO_3 puro (cristales de calcita) en 10
 ml de ácido clorhídrico (HCl) 3.0 N (28 ml de HCl concen---
 trado, se diluyen a 100 ml con agua destilada), mezclar y -
 aforar a un litro.

Indicador Eriocromo Negro f: Disolver 0.5 g de este -
 compuesto y 4.5 g de clorhidrato de hidroxil amina en 100 -
 ml de alcohol etílico de 95%.

Indicador Murexida (purpurato de amonio): Mezclar ---
 perfectamente 0.5 g de esta sal con 100 g de sulfato de ---
 potasio en polvo (K_2SO_4).

E.D.T.A. 0.01 N: Disuelva 2.0 g de sal disódica del ácido etilendiaminetetraacético y 0.05 g de cloruro de magnesio hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) en suficiente agua y afores a un litro. Se estandariza esta solución contra la solución estandar de cloruro de calcio (CaCl_2), utilizando los dos indicadores simultáneamente.

10.3) Técnica Operativa:

Tratamiento previo. Si el filtrado (extracto de saturación con acetato de amonio) en la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), presenta color amarillento, evaporar una alícuota de dicho percolado hasta sequedad, a continuación tratase con agua regia (3 Vol. de HCl concentrado + 1 Vol. de HNO_3 concentrado) y evapórese nuevamente a sequedad, esto es normalmente suficiente para eliminar el acetato de amonio y materia orgánica. Los percolados de suelos, de color muy oscuro pueden requerir un tratamiento adicional con agua regia. Disuélvase los residuos en una cantidad igual de agua al volumen original de la alícuota tomada para el tratamiento.

10.3.1) Determinación de calcio.

Poner una alícuota que no contenga más de 0.1 miliequivalente de calcio (m e Ca^{++}) en un matraz Erlenmeyer de 125 ml y diluya a un volumen aproximado de 25 ml.

Agregue 5 gotas de hidróxido de sodio 4.0 N y aproximadamente 50 mg de murexida.

Titular con solución estandarizada de EDTA usando -

la bureta de 10 ml. El cambio de color es de rojo naranja a púrpura. Cuando se está próximo el vire, se debe agregar una gota de EDTA cada 5 a 10 segundos, ya que el cambio de color no es instantáneo. Si se excede en EDTA la valoración, puede retitularse con la solución estandar de cloruro de calcio - $(CaCl_2)$ 0.01 N.

10.3.2) Determinación simultánea de calcio y magnesio.

Ponga una alícuota de 5 a 10 ml, que no contengan más de 0.1 miliequivalentes de ambos cationes (Ca^{++} + Mg^{++}), en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, diluyendo a un volumen aproximado de 25 ml.

Agregar 10 gotas de la solución amortiguadora de cloruro de amonio e hidróxido de sodio, 3 o 4 gotas del indicador eriocromo negro T.

Titular con EDTA utilizando la bureta de 10 ml. El cambio de color es de rojo-vino a azul o verde. No se debe observar un tinte rojizo al llegar al punto final.

10.4) Cálculos:

$$\text{me/Litro de } Ca^{++} = \frac{1000}{\text{ml alíq}} \times (\text{ml EDTA} \times \text{Normalidad EDTA})$$

$$\text{me/Litro de } Ca^{++} + Mg^{++} = \frac{1000}{\text{ml alíq}} \times (\text{ml EDTA} \times \text{Normalidad EDTA})$$

$$\text{me/Litro de } Mg^{++} = (\text{me/litro de } Ca^{++} + Mg^{++}) - (\text{me/Litro de } Ca^{++})$$

" V.- CONCLUSIONES "

- 1) En la aplicación de los conocimientos científicos para - establecer una agricultura de alta productividad (agricultura científica), se considera a los análisis de suelos como - una herramienta indispensable.
- 2) Para obtener resultados confiables, y que se sustenten - como una base sólida para el o los interesados; se necesita del conocimiento y comprensión de los fenómenos químicos - participantes y las leyes que los rigen, así como las reacciones químicas de los procesos y las posibles fuentes de - error en su desarrollo.
- 3) Los valores reportados por el laboratorio de suelos, son básicamente una guía, que nos indica el estado actual de - disponibilidad de los elementos nutritivos en ese suelo. - Para aplicar correctamente estos resultados, se deberán tomar en cuenta también otros parámetros de gran importancia - como: La experimentación de campo que sobre productividades máximas, se hayan realizado para el cultivo específico, con dosis óptimas de fertilizantes, en una región determinada; o bien, los resultados de productividades máximas, logradas - con fertilizaciones bien planeadas, llevadas a cabo por --- agricultores serios y experimentados, de la región agrícola donde se pretende trabajar, y de esta manera abastecer, la - diferencia entre el contenido óptimo del nutriente específico (aquel que reporte máxima productividad), y el contenido actual de ese nutriente en el suelo.

4) Se debe definir como una autentica prioridad nacional, la recuperación de la autosuficiencia en la producción de maíz por la importancia económica, social y política de su cultivo.

5) Las instituciones que se avocan al estudio de los problemas agrícolas (S.A.R.R., Universidades, Institutos, etc.) - deben unificar sus criterios de investigación para evitar - duplicidad de funciones, y así optimizar los recursos económicos y humanos.

" VI.- BIBLIOGRAFIA "

- 1) Abasto y Comercialización de Productos Básicos: Maíz.
I.N.E.C.I., S.E.C.O.F.I.N., Y S.I.S.V.A.N., México (1988).
- 2) Aguilar, S.A. et al., Análisis Químico para Evaluar la --
Fertilidad del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del
Suelo, (Publicación Especial No. 1). Universidad Autónoma
de Mapingo. México (1987).
- 3) Aldrich, S.R. y Leng, E.R., Producción Moderna de Maíz.
1a. Edición. Editorial Hemisferio Sur, S.R.L. Buenos Ai--
res Argentina (1974).
- 4) Alvarado, S.A., Logros y Aportaciones de la Investigación
Agrícola en Fertilidad de Suelos. S.A.R.H., Instituto Na--
cional de Investigaciones Agrícolas, México (1984).
- 5) Alvarez, J.R., Enciclopedia de México; Tomo VIII. 442 -
448 México (1977).
- 6) Anónimo., La Crisis de Alimentos en América Latina. Dul--
celandia 43 519, 6-16 (1983).
- 7) Aubert, G., La Edafología. Oikos-Tau, S.A. Ediciones. --
Barcelona España (1982).
- 8) Banco Mundial. Investigaciones Agronómicas; Departamento
Departamento de Política Sectorial. Washington, D. C. ---
(1983).
- 9) Barber, S.A., Disponibilidad del Nutriente en los Suelos.
Ingeniería Agronómica. 24 27-29 (1982).
- 10) Barón, D. y Suarez, B., El Fin del Principio. (Las Se--

millas y la Seguridad Alimentaria). Ediciones Oceano. Mexico (1983).

- 11) Baumgardner, M.P., Estudio de las Tierras Laborables. --
Ingeniería Agronómica. 24 31-37 (1982).
- 12) Boul, S.W., Génesis y Clasificación de Suelos. Editorial
Trillas. México (1981).
- 13) Brauer, H.O., Diagnostico de las Ciencias Agrícolas en --
México (Cuatro Ensallos). Ediciones Productividad. Méxi-
co (1968).
- 14) Bray, R.H., and Kurtz, L.T., Determination of Total, Or-
ganic and Available Forms of Phosphorus in Soils, Soil -
Sci. 59 39-45 (1945).
- 15) Broadbent, F.E., The Soil Organic Fraction. Adv. in --
Agron. 5 153-193 (1953).
- 16) Buckman, O.H., Naturaleza y Propiedades de los Suelos.
Montaner y Simon, S.A. Editores. Barcelona (1977).
- 17) Cajuste, J.J., El fósforo Aprovechable en los Suelos. -
Cuadernos de Bisiología No. 6 Centro de Edaforología, Co-
legio de Postgraduados. Chapingo México (1985).
- 18) Castro, F.R., Como Obtener una Vuestra de Suelo en los -
Terrenos Agrícolas. Universidad Autonoma de Chapingo. -
Dpto. de Preparatoria Agrícola. México (1987).
- 19) Colección Ingeniería de Suelos. (Relación entre Suelo---
Planta-Agua). 7a. Impresión. Editorial Diana México --
(1983).

- 20) Collado, M.V., Posibilidades de Transformación de la --
Producción Agropecuaria en Jalisco. Tiempo de Ciencia -
1 15-23 (1986).
- 21) Condé, H., Carré, G. y Jussiaux, Ph., Lecciones de Agri-
cultura. Aguilar, S.A. de Ediciones, Madrid España (19--
65).
- 22) Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Programa de --
Desarrollo Agropecuario y Forestal). 3a. Edición. México
(1981).
- 23) Cooke, G.W., Fertilización Para Rendimientos Máximos. -
Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México --
(1981).
- 24) Cottenie, A., Los Análisis de Suelos y Plantas; Como Pa-
se para Formular Recomendaciones Sobre Fertilizantes. -
Boletín de Suelos No. 38 "FAO". Roma (1984).
- 25) Chapman, D.H., The Precipitation of Calcium Oxalate in -
the Presence of Iron, Aluminum, Titanium, Manganese, --
Magnesium and Phosphates, With Especial Reference to De-
termination of Total Soil Calcium. Soil Sci. 26 479-486
(1982).
- 26) Chapman, D.H., Parker, F.P., Métodos de Análisis para -
Suelos, Plantas y Aguas. Editorial Trillas. México (1981).
- 27) Chavez, R.S., Prospección de los Fertilizantes. Ingenie-
ría Agronómica. 24 17-26 (1982).
- 28) Cheng, F.L., and Bray, R.H., Determination of Calcium -
and Magnesium in Soil and Plant Material. Soil Sci. 72

- 449-488 (1951).
- 29) Cline, G.V., Principles of Soil Sampling. Soil Sci. 58 275-288 (1944).
- 30) Cline, G.V., Methods of Collecting and Preparing Soil -- Samples. Soil Sci. 59 3-5 (1945).
- 31) Díaz del Pino, A., El Maíz, Cultivo, Fertilización y Cosecha. Bartolome Trucco Ediciones. México (1954).
- 32) Donahue, L.R., Introducción a los Suelos y al Crecimiento de las Plantas. Editorial Prentice Hall Internacional. Madrid España (1981).
- 33) Duchaufour, Ph., Edafología, Edafogénesis y Clasificación. Masson, S.A. Barcelona España (1984).
- 34) El maíz en México. (Su Pasado, Presente y Futuro). Simposio Nacional. MEMORIA: SARH. Guadalajara, Jal. México (1981).
- 35) Etchevers, B.J.D., Análisis Químico de Suelos. El Por qué de Sus Fallas. Serie Cuadernos de Edafología No. 4 - Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo México (1985).
- 36) Etchevers, B.J.D., Determinación de Nitrógeno en Suelos. Serie Cuadernos de Edafología No. 5 Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo México (1985).
- 37) Etchevers, B.J.D., Un Cuarto de Siglo de Investigación - en Los Suelos Volcanicos de México. Serie Cuadernos de Edafología No. 1 Centro de Edafología, Colegio de Post-

graduados. Chapingo México (1985).

- 38) Fassbender, H.W., Química de Suelos. Con Énfasis en Suelos de América Latina. Turrialba, C.R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.S.A., San José - Costa Rica (1975).
- 39) Fernandez, V.G., Manual de Laboratorio de Química del Agua. División de Estudios de Posgrado. Fac. de Ingeniería de la U.N.A.M. México (1978).
- 40) Fitzpatrick, S.A., Introducción a la Ciencia del Suelo. Publicaciones Cultural, S.A. México (1978).
- 41) Florescano, E. y Moreno, T.A., Bibliografía General del Maíz en México. 3a. Ed., I.N.A.H. México (1987).
- 42) Foth, H.D., Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía Editorial Continental, S.A. México (1985).
- 43) Fried, W. and Dean, L.A., A Concept Concerning the Measurement of Available Soil Nutrients. Soil Sci. 73 263-271 (1952).
- 44) Fundadora, H.C., Arzola, P.N., y Machado de A.J., Agroquímica. Editorial Pueblo y Educación. La Habana Cuba -- (1979).
- 45) Garcia Vecente, J., Cambio de Bases en la Fracción Inorgánica del Suelo., Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal. Madrid España (1956).
- 46) Grande, L.R., Teoría y Problemas de Edafología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí., Instituto de Geolo-

- gía y Metalurgia. Folleto Técnico No. 77. Sn. Luis Potosí (1980).
- 47) Hanna, W.J. and Reed, J.P., A Comparison of Ammonium Acetate and Buffered Barium Chloride Methods for Determining Cation Exchange Properties of Lined Soils. Soil Sci. 66 447-458 (1948).
- 48) Helling, Ch.S. et al., Contribution of Organic Matter and Clay to Soil Cation Exchange Capacity as Affect by the Ph of the Saturating Solution. Soil Science Society - Proceedings. 28 517-520 (1964).
- 49) Ingham, G., Effect of Materials Absorbed From the Atmosphere in Maintaining Soil Fertility. Soil Sci. 70 3, 205-212 (1950).
- 50) Investigación de Suelos. Métodos de Laboratorio y Procedimientos para Recoger Muestras. Editorial Trillas. México (1981).
- 51) Jackson, M.L., Análisis Químico de Suelos. Ediciones Omega, S.A. Barcelona España (1982).
- 52) Kilmer, J.V. and Alexander, T.L., Methods of Making Mechanical Analyses of Soils. Soil. 68 15-24 (1949).
- 53) León-Arteta, R., Nueva Edafología. Regiones Tropicales y Areas Templadas de México. Editorial Gaceta. México (1984).
- 54) Maldonado, F.R. y Vergara, S.M.A., Nutrición Vegetal (Manual de Practicas). Universidad Autónoma de Chapingo.

- Dpto. de Suelos, Chapingo México (1986).
- 55) Manual de Fertilizantes. National Plant Food Institute. Editorial Limusa., S.A. de C.V. México (1984).
 - 56) Manuales para Educación Agropecuaria. Maquinaria para Fertilización, Siembra y Trasplante. Area: Mecánica Agrícola. Editorial Trillas. México (1983).
 - 57) Manuales para Educación Agropecuaria. Riego y Drenaje. Area: Suelos y Aguas. Editorial Trillas. México (1984).
 - 58) Manuales para Educación Agropecuaria. Suelos y Fertilización. Area: Suelos y Agua. Editorial Trillas. México (1984).
 - 59) Manuales para Producción Agropecuaria. Maíz. Area: Producción Vegetal 10. Editorial Trillas. México (1987).
 - 60) Martínez, G.A., Uso Económico de los Fertilizantes. Serie Cuadernos de Edafología No. 9 Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo México (1987).
 - 61) Mehlich, A., Determination of Cation and Anion-Exchange Properties of Soils. Soil Sci. 66 429-445 (1948).
 - 62) Mehlich, A., Effect of Type of Soil Colloid on Cation Adsorption Capacity and on Exchangeable Hydrogen and Calcium as Measured by Different Methods. Soil Sci. 60 289-304 (1945).
 - 63) Mela, M.P., Tratado de Edafología y sus Distintas Aplicaciones. Ediciones Agrociencia 2a. Edición. Zaragoza - España (1963).

- 64) Yeloan, C.E. and Kiser, R.W., Problemas y Experimentos en Análisis Instrumental. 1a. Edición en español. Editorial Reverte Mexicana, S.A. México (1973).
- 65) Morris, P., A Century of Kjeldahl (1883-1983). J. --- Assoc. Publ. Analysts. 21 53-58 (1983).
- 66) Nitrato Natural Chileno. "Normas Generales de Aplicación". Servicio Técnico Agronómico de los Nitratos de Chile. México y Centroamérica. México (1968).
- 67) Orero, S.A., El Clima y la Producción de Cultivos. Universidad Autónoma de Chapingo; Dpto de Suelos. Chapingo México (1987).
- 68) Nuñez, E.R., Efectos de la Acidez del Suelo Sobre la --- Producción de Cultivos y su Corrección Mediante Encalado. Serie Cuadernos de Edafología No. 2 Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo México (1985).
- 69) Orozco, A.J., De la Innovación a la Dependencia Tecnológica en la Agricultura Ejidal. Tiempos de Ciencia. 3, - 24-30 (1986).
- 70) Orozco, D.F., Análisis Químico Cuantitativo. Editorial - Porrúa, S.A. México (1983).
- 71) Ortega, T.E., Química de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Dpto. de Suelos. México (1987).
- 72) Ortiz, S.C.A., Evaluación de las Tierras de México para la Producción de Maíz, Frijol y Sorgo en Condiciones de Temporal. Serie Cuadernos de Edafología No. 8 Centro de

- Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo México - (1987).
- 73) Ortiz, V.B., Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. México (1934).
- 74) Palmer, R.G. y Troeh, F.R., Introducción a la Ciencia - del Suelo. "Manual de Laboratorio". A.G.T. Editor, S.A. México (1980).
- 75) Parker, F.W., Methods of studying the concentration and Composition of the Soil Solution. Soil Sci. 12 209-232 - (1921).
- 76) Peech, W., Determination of Exchangeable Cations and -- Exchange Capacity of Soils - Rapid Micromethods Utili--- zing Centrifuge and Spectrophotometer. Soli Sci. 59 25-38 (1945).
- 77) Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988: Poder Ejecutivo - Federal. Primera Edición. México (1983).
- 78) Prino, Y.E. y Carrasco, D.J.M., Química Agrícola. Vol. I: Suelos y Fertilizantes. Editorial Alhambra, S.A., la. - Reimpresión. Madrid España (1931).
- 79) Prino, Y.E. y Carrasco, D.J.M., Química Agrícola. Vol. - III; Alimentos. Editorial alhambra, S.A., la. Reimpresión. Madrid España (1932).
- 80) Reed, J.P. and Cummings, R.W., Soil Reaction-Glass Elec- trode and Colorimetric Methods for Determining Ph Values of Soils. Soil Sci. 59 97-104 (1945).

- 81) Reyes, C.P., Historia de la Agricultura. Información y - Síntesis. A.G.T. Editor S.A. México (1981).
- 82) Reyna, T.V., Seminario Sobre Alimentación en México. -- Instituto de Geografía. U.N.A.M. México (1984).
- 83) Reyna, T.V., Foro: Panorama de la Agricultura Mexicana. Reflexiones. Preguntas y Respuestas. Instituto de Geo-- grafía. U.N.A.M. México (1986).
- 84) Robles, S.R., Producción de Granos y Forrajes. 4a. Edi-- ción. Editorial Limusa la Reimpresión. México (1995).
- 85) Rodríguez, C.M. et al., Características de la Agricultura Mexicana y Proyecciones de la Demanda y la oferta de Productos Agropecuarios a 1976 y 1982. S.A.R.H. México - (1976).
- 86) Rodríguez, N.P. y Velazquez, M.C.L., Fertilidad de Sue-- los. "Manual de Practicas". Universidad Autonoma de Cha-- pingo, Dpto. de Suelos. Chapingo México (1989).
- 87) Rodríguez, S.P., Fertilizantes Nutrición Vegetal. A.G. - T. Editor, S.A. México (1989).
- 88) Ruiz, R.A. y Ortega, T.E., Evaluación de Varios Métodos para Determinar la Capacidad de intercambio Catiónico - en Suelos con Altos Contenidos de Materia Orgánica y -- Suelos con Elevadas Concentraciones de Sales Solubles. - Chapingo 27-28, 58-67 (1981).
- 89) Sandoval, H.R., El Ph y su Medida por Medio de Electro-- dos en Titulometría Acido-Base. Pac. de Química U.N.A.M. México (1990).

- 90) S.A.R.H., Métodos para el Análisis Físico y Químico de Suelos, Hugas y Plantas. México (1976).
- 91) Schollenberger, C.J., Determination of soil Organic Matter. Soil Sci. 59 53-56 (1945).
- 92) Sherman, S.W., Colorimetric Determination of Phosphorus in Soil. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 14 2, 132-135 (1942).
- 93) Shaw, D.J., Intraducción a la Química de Superficies y - Coloides. Editorial Alhambra, S.A. 2a. Edición. Madrid - España (1977).
- 94) Skoog, D.A. y West, D.M., Análisis Instrumental. Interamericana, S.A. de C.V. 2a. Edición. México (1980).
- 95) Sisson, F., Fertilizers Mixture. Chem. Eng. P. 156 (1977).
- 96) Stallings, J.R., El Suelo su Uso y Mejoramiento. Compañía Editorial Continental, S.A. México (1932).
- 97) Stretzen, P. et al., Lo Primero es lo Firmero. "satisfacer las Necesidades Humanas Básicas en los Países en Desarrollo". Editorial Tecnos, S.A. Madrid España (1986).
- 98) Tah, I.J.F., Análisis Químico de Suelos. Universidad -- Autónoma de Chapingo. México (1987).
- 99) Tamhane, R.V., Suelos. Su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Editorial Diana, S.A. México (1983).
- 100) Trinidad, S.A., El Uso de Abono Orgánico en la Producción Agrícola. Serie Cuadernos de Edafología No. 10 Can-

- tro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo - México (1987).
- 101) Tiedale, S.L. y Nelson, W.L., Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, S.A. de C.V. México (1985).
- 102) Thomas, G.W., Historical Developments in Soil Chemistry; Ion Exchange. Soil Sci. Soc. Am. J. 41 230-238 (1977).
- 103) Universidad Autónoma de Chapingo: Memorias de la I Reunión Nacional Sobre Manejo de Suelos Arcillosos y su Implicación en la Agricultura. Celaya Guanajuato (1985).
- 104) Vasquez-Vafies, C., La Agricultura Moderna. ¿Avance o Retroceso?. Naturaleza 9 5, 69 282-289 (1978).
- 105) Velasco, W.H.A., Uso y Manejo del Suelo. México (1983).
- 106) Villarreal D.E. y Bello de V.S., Electroquímica: Parte 1. A.N.U.I.E.S., Editorial Edicol, S.A. México (1975).
- 107) Villarreal, D.E. y Bello de V.S., Electroquímica: Parte 2. A.N.U.I.E.S., Editorial Edicol, S.A. México (1975).
- 108) Volke, H.V., Resúmenes de tesis de Maestría y Doctorado Presentados en el Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados 1961-1983. Chapingo México (1984).
- 109) Warman, A., La Historia de un Bastardo: Maíz y Capitalismo. Fondo de Cultura Económica. México (1988).
- 110) Wilson, H.K. y Chester, R.A., Producción de Cosechas. - Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México (1984).

- 111) IV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo: Resúmenes. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México (1982).
- 112) Yágodin, B.A., Agroquímica. Volumen I. Editorial M.I.R. Moscú (1986).
- 113) Yágodin, B.A., Agroquímica. Volumen II. Editorial M.I.R. Moscú (1986).